

10/558710

DOCKET NO.: 281159US90PCT

10/558710 29 NOV 2005

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Takehiro MORIYA, et al.

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HERewith

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP04/12646

INTERNATIONAL FILING DATE: September 1, 2004

FOR: FLOATING POINT SIGNAL REVERSIBLE ENCODING METHOD, DECODING METHOD, DEVICE THEREOF, PROGRAM AND RECORDING MEDIUM THEREOF

REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION

Commissioner for Patents
Alexandria, Virginia 22313

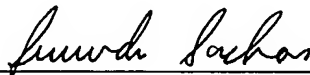
Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

| <u>COUNTRY</u> | <u>APPLICATION NO</u> | <u>DAY/MONTH/YEAR</u> |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|
| Japan | 2003-310106 | 02 September 2003 |

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the International Bureau in PCT Application No. PCT/JP04/12646. Receipt of the certified copy(s) by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully submitted,
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Masayasu Mori
Attorney of Record
Registration No. 47,301
Surinder Sachar
Registration No. 34,423

Customer Number

22850

(703) 413-3000
Fax No. (703) 413-2220
(OSMMN 08/03)

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

03.09.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 9月 2日
Date of Application:

出願番号 特願2003-310106
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-310106]

出願人 日本電信電話株式会社
Applicant(s):

REC'D 04 SEP 2004

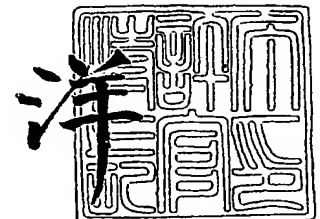
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年10月14日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 NTTH155879
【提出日】 平成15年 9月 2日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H03M
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内
 【氏名】 守谷 健弘
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内
 【氏名】 ヤン ダイ
【特許出願人】
 【識別番号】 000004226
 【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100066153
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 草野 卓
【選任した代理人】
 【識別番号】 100100642
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 稲垣 稔
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 002897
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9806848

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列をフレームごとに直接圧縮する場合と、2 系統信号に分離して圧縮する場合とのいずれが高い圧縮効率となるかを推定する過程と、

上記推定が直接圧縮であれば、上記第 1 デジタル信号系列を直接可逆圧縮して第 1 符号列を生成する過程と、

上記推定が 2 系統信号分離であれば、上記第 1 デジタル信号系列を整数形式の第 2 デジタル信号系列に変換する過程と、

上記整数形式の第 2 デジタル信号系列を可逆圧縮して第 2 符号列を生成する過程と、

上記整数形式の第 2 デジタル信号系列と上記浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列との差分と対応する浮動小数点形式の差分デジタル信号系列を生成する過程と、

上記浮動小数点形式の差分デジタル信号系列を可逆圧縮して第 3 符号列を生成する過程とにより 2 系統信号分離圧縮を行う過程と、

上記直接可逆圧縮したか上記 2 系統信号分離圧縮したかを示す補助符号を生成する過程と

を有する浮動小数点形式信号系列可逆符号化方法。

【請求項 2】

上記整数形式の第 2 デジタル信号系列への変換は小数点以下の切り捨てにより行われ

、
上記差分デジタル信号系列の圧縮過程は、

上記整数形式の第 2 デジタル信号系列の各サンプル値の範囲に対応して一意に決まるゼロ以外になり得る桁を可逆圧縮する第 1 圧縮法と、直接可逆圧縮する第 2 圧縮法とのいずれが高い圧縮効率であるかを推定する過程と、

上記推定が上記第 1 圧縮法であれば、上記差分デジタル信号系列を上記第 1 圧縮法により可逆圧縮して上記第 3 符号列を生成する過程と、

上記推定が上記第 2 圧縮法であれば、上記差分デジタル信号系列を上記第 2 圧縮法により可逆圧縮して上記第 3 符号列を生成する過程とを有することを特徴とする請求項 1 記載の浮動小数点形式信号系列可逆符号化方法。

【請求項 3】

浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列を整数形式の第 2 デジタル信号系列に変換する過程と、

上記整数形式の第 2 デジタル信号系列を可逆圧縮して第 1 符号列を生成する過程と、

上記整数形式の第 2 デジタル信号系列と上記浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列との差分と対応する浮動小数点形式の差分デジタル信号系列を生成する過程と、

上記浮動小数点形式の差分デジタル信号系列を、上記整数形式の第 2 デジタル信号系列の各サンプルの値の範囲に対応して一意に決まるゼロ以外になり得る桁について可逆圧縮する第 1 圧縮法と、上記差分デジタル信号系列を直接可逆圧縮する第 2 圧縮法とのいずれが高い圧縮効率であるかを推定する過程と、

上記推定が上記第 1 圧縮法であれば、上記差分デジタル信号系列を上記第 1 圧縮法により可逆圧縮して第 3 符号列を生成し、上記推定が上記第 2 圧縮法であれば、上記差分デジタル信号系列を上記第 2 圧縮法により可逆圧縮して第 3 符号列を生成する過程と

を有する浮動小数点形式信号系列可逆符号化方法。

【請求項 4】

上記整数形式の第 2 デジタル信号系列の 1 サンプルのビット長 b_I は上記浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列の仮数部のビット数 b_M より小であり、

上記第 1 圧縮法による圧縮は、上記整数形式の第 2 デジタル信号系列の信号列の値の範囲に対応して一意に決まるゼロ以外になり得る桁と、上記仮数部のビット数 b_M と上記 1 サンプルのビット長 b_I の差に基づく一意に決まるゼロ以外になり得る桁とに、上記差分デジタル信号系列を分けてそれぞれ可逆圧縮することを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の浮動小数点形式信号系列可逆符号化方法。

【請求項 5】

入力補助符号に応じて入力符号が 1 系統符号化であるか 2 系統符号化であるかを判定する過程と、

その判定が 1 系統符号化と判定すると、入力符号列を 1 つの符号列として復号伸張して浮動小数点形式の原デジタル信号系列を生成する過程と、

上記判定が 2 系統符号化であれば、入力符号列を第 1 符号列及び第 2 符号列とに分離する過程と、

上記第 1 符号列を復号伸張して整数形式の第 1 デジタル信号系列を生成する過程と、

上記第 2 符号列を復号伸張して浮動小数点形式の差分デジタル信号系列を生成する過程と、

上記整数形式の第 1 デジタル信号系列を浮動小数点形式の第 2 デジタル信号系列に変換する過程と、

上記浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列と上記浮動小数点形式の差分デジタル信号系列を合成して浮動小数点形式の原デジタル信号系列を生成する過程と

を有する浮動小数点形式信号系列復号化方法。

【請求項 6】

上記差分デジタル信号系列の生成過程は、上記整数形式の第 1 デジタル信号系列又は第 2 入力補助符号に応じて上記第 2 符号列の復号伸張を第 1 伸張法によるか第 2 伸張法によるかを判定する過程と、

この判定が第 1 伸張法であれば、上記第 1 デジタル信号系列の各サンプルの値の範囲に応じて一意に決まるゼロ以外になり得る桁数に、上記第 2 符号列を復号伸張し、その復号伸張されたビット列から上記差分デジタル信号系列を組み立て生成し、上記判定が第 2 伸張法であれば、その伸張法に応じて上記第 2 符号列を第 2 伸張法により上記差分デジタル信号系列を直接復号伸張する過程とを有することを特徴とする請求項 5 記載の浮動小数点形式信号系列復号化方法。

【請求項 7】

第 1 符号列を復号伸張して整数形式の第 1 デジタル信号系列を生成する過程と、

上記第 1 デジタル信号系列又は補助符号に応じて第 2 符号列の復号伸張を第 1 伸張法によるか、第 2 伸張法によるかを判定する過程と、

上記判定が第 1 伸張法であれば上記整数形式の第 1 デジタル信号系列の各サンプルの値の範囲に応じて一意に決まるゼロ以外になり得る桁数に、上記第 2 符号列を復号伸張し、その復号伸張されたビット列を浮動小数点形式の差分デジタル信号系列に組み立てる過程と、

上記判定が第 2 伸張法であれば上記第 2 符号列から上記浮動小数点形式の差分デジタル信号を直接生成する過程と、

上記整数形式の第 1 デジタル信号系列を浮動小数点形式の第 2 デジタル信号系列に変換する過程と、

上記浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列と上記浮動小数点形式の差分デジタル信号系列を合成して浮動小数点形式の原デジタル信号系列を生成する過程と

を有する浮動小数点形式信号系列復号化方法。

【請求項 8】

上記第 1 伸張法による上記差分デジタル信号系列の生成過程は、

上記整数形式の第 1 デジタル信号系列の各サンプル値の範囲に応じて一意に決まるゼロ以外になり得る桁数に上記第 2 符号列中の第 1 部分を復号伸張する過程と、

上記整数形式の第 1 デジタル信号系列のサンプルのビット数と上記浮動小数点形式の原デジタル信号系列の仮数部のビット数との差に応じて一意に決まるゼロ以外になり得る桁数に上記第 2 符号列中の第 2 部分を復号伸張する過程と、

これら第 2 符号列中の第 1 部分を復号伸張したものと第 2 符号列中の第 2 部分を復号伸張したものとを合成して上記差分デジタル信号系列を生成する過程とよりなることを特徴とする請求項 6 又は 7 記載の浮動小数点形式信号系列復号化方法。

【請求項 9】

入力された浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列を、整数値とその誤差に分離して可逆圧縮符号化する第 1 符号化手段と、

上記浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列を直接可逆圧縮符号化する第 2 符号化手段と、

上記浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列のフレーム毎に、上記第 1 符号化手段と上記第 2 符号化手段とのいずれの圧縮効率が高いかを判定し又は圧縮効率が高いかを推定し、その高いと判定又は推定した方の符号化手段を選択し、その選択情報を示す補助符号を生成する分析選択手段と

を備えることを特徴とする浮動小数点形式信号系列可逆符号化装置。

【請求項 10】

入力された浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列を整数形式の第 2 デジタル信号系列に変換して可逆圧縮する第 1 圧縮部と、

上記整数形式の第 2 デジタル信号系列と上記浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列との差分と対応する浮動小数点形式の差分デジタル信号系列を生成する差分生成部と

、
上記浮動小数点形式の差分デジタル信号系列を直接可逆圧縮する第 2 圧縮部と、

上記差分デジタル信号を、上記整数形式のデジタル信号系列の各サンプルの値の範囲に対応して一意に決まるゼロ以外になり得る桁について、可逆圧縮する第 3 圧縮部と、

上記第 2 圧縮部と上記第 3 圧縮部とのいずれの圧縮効率が高いかを判定し又は圧縮効率が高いかを推定し、その高いと判定又は推定した方の圧縮部を選択する手段と

を具備する浮動小数点形式信号系列可逆符号化装置。

【請求項 11】

入力された符号列を、浮動小数点形式デジタル信号系列に直接可逆復号伸張する第 1 復号手段と、

入力された符号列を整数値とその誤差に分離して可逆復号伸張して、浮動小数点形式デジタル信号系列を生成する第 2 復号手段と、

入力された補助符号に応じて、上記第 1 復号手段と上記第 2 復号手段の一方を選択する選択手段と

を具備する浮動小数点形式信号系列可逆復号化装置。

【請求項 12】

入力された第 1 符号列を復号伸張して整数形式の第 1 デジタル信号系列を生成する第 1 伸張部と、

上記整数形式の第 1 デジタル信号系列の整数値の桁数で決まるゼロ以外になり得る桁数に上記第 1 符号列を復号伸張し、その復号伸張されたビット列を浮動小数点形式の差分デジタル信号系列に組み立てる第 2 伸張部と、

上記入力された第 2 符号列を上記浮動小数点形式の差分デジタル信号に直接復号伸張する第 3 伸張部と、

上記第 1 デジタル信号系列又は入力された補助符号に応じて上記第 2 伸張部と上記第 3 伸張部との一方を選択する選択部と、

上記浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列と、上記第 2 伸張部及び第 3 伸張部中の上記選択されたものからの上記浮動小数点形式の差分デジタル信号系列とを合成して浮動小数点形式の第 3 デジタル信号系列を生成する合成部と

を具備する浮動小数点形式信号系列復号装置。

【請求項 13】

請求項 1～4 のいずれかに記載した浮動小数点形式信号系列可逆符号化方法の各過程をコンピュータに実行させるための符号化プログラム。

【請求項 14】

請求項 5～8 のいずれかに記載した浮動小数点形式信号系列復号化方法の各過程をコンピュータに実行させるための復号化プログラム。

【請求項 15】

請求項 13 又は 14 に記載したプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【書類名】明細書

【発明の名称】浮動小数点形式信号系列可逆符号化方法、及び復号化方法と、その各装置、その各プログラム、その記録媒体

【技術分野】

【0001】

この発明は音声、音楽、画像などの浮動小数点形式のデジタル信号系列を、歪を許さずより低い情報量に圧縮された符号に変換する符号化方法、その復号化方法、符号化装置、復号化装置、これらのプログラム、記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

音声、画像などの情報を圧縮する方法として、歪を許さない可逆な符号化方法がある。圧縮率の高い非可逆の符号化を行い、その再生信号と原信号の誤差を可逆に圧縮することとを組み合わせることで高い圧縮率で可逆な圧縮が可能となる。この組み合わせ圧縮方法が特許文献1に提案されている。この方法は前記文献に詳細に示されているが、以下に簡単に説明する。

【0003】

符号器では、デジタル入力信号（以下、入力信号サンプル系列とも呼ぶ）が、フレーム分割部で、その入力信号サンプル系列が、例えば1024個の入力信号サンプルからなるフレーム単位に、順次分割され、このフレーム単位ごとにデジタル信号が非可逆圧縮符号化される。この符号化は、復号化時に元のデジタル入力信号をある程度再現できる方式であれば、入力信号に適した如何なる方式でもよい。例えば、上記デジタル入力信号が音声であればITU-TのG. 729標準として勧告されている音声符号化などが利用でき、音楽であればMP3で採用されているTwin VQ (Transform-Domain Weighted Interleaved Vector Quantization) 符号化などが利用できる。この非可逆圧縮符号は局部復号され、この局部信号と元のデジタル信号との誤差信号が生成される。なお、実際的には、局部復号はする必要なく、非可逆圧縮符号を生成する際に得られる量子化信号と元のデジタル信号との誤差を求めればよい。この誤差信号の振幅は通常は元のデジタル信号の振幅よりもかなり小さい。よって、元のデジタル信号を可逆圧縮符号化するよりも、誤差信号を可逆圧縮符号化の方が情報量を小さくできる。

【0004】

この可逆圧縮符号化の効率を上げるために、この誤差信号の符号絶対値表現（極性と絶対値の2進数）されたサンプル列のフレーム内の全サンプルに対しそれらの各ビット位置、つまりMSB, 第2MSB, ..., LSB毎に、サンプル系列方向（時間方向）にビットを連結したビット列を生成する。即ち、ビット配列の変換が行われる。この各連結した同じビット位置の1024個のビットからなるビット列をここでは便宜上「等位ビット列」と呼ぶことにする。これに対し、各サンプルの極性も含む振幅値を表す1ワードのビット列を便宜上「振幅ビット列」と呼ぶことにする。誤差信号は振幅が小さいので、各サンプルの最上位から1つ又は連続する複数のビットは全て“0”となることが多い。そこで、それらのビット位置で連結して生成した等位ビット列を予め決めた符号で表すことによって、誤差信号の可逆圧縮符号化効率を上げることができる。

【0005】

これら等位ビット列が可逆圧縮符号化される。可逆圧縮符号化としては、例えば、同一符号（1又は0）が連続する系列がある場合や頻繁に出現する系列がある場合を利用した、ハフマン符号化や算術符号化などのエントロピー符号化などを用いることができる。

復号化側では、可逆圧縮符号が復号化され、その復号信号に対し、ビット配列の逆変換が行われ、即ち、フレーム毎に等位ビット列を振幅ビット列に変換し、得られた誤差信号が順次再生される。また、非可逆圧縮符号が復号化され、この復号信号と再生された誤差信号とが加算され、最後に、フレームごとの各加算信号が順次連結されて、元のデジタル信号系列が再生される。

音声、画像などの情報を歪を許さない可逆な符号化方法としてはその他にも各種のもの

が知られている。音楽情報については例えば非特許文献1に示されている。従来の方法は何れも波形をそのままPCM信号としたものについての圧縮符号化方法であった。

【0006】

しかし音楽の収録スタジオでは浮動小数点形式で波形が記録されて保存されることがある。浮動小数点形式の値は極性、指数部、仮数部に分離されている。例えば図17に示すIEEE-754として標準化されている浮動小数点形式は32ビットであり、上位ビットから極性1ビット、指数部8ビット、仮数部23ビットで構成されている。極性をS、指数部の8ビットで表す値を10進数でE、仮数部の2進数をMとすると、この浮動小数点形式の数値は絶対値表現2進数で表わすと

$(-1)^S \times 2^{E-E_0} \times 1.M$, $E_0 = 2^7 - 1 = 127$ となる。つまり、 $E - E_0$ は絶対値表現2進数における整数部分のビット数を表わしている。

【特許文献1】特開2001-44847号公報

【非特許文献1】Mat Hans及びRonald W.Schafer著「Lossless Compression of Digital Audio」IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE, JULY 2001, P21~32

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

音声、音楽、画像の情報が浮動小数点形式のデジタル信号系列とされている場合は、浮動小数点形式の性質上“0”と“1”からなるビット列が乱雑な場合が多くなるため、前述したビット配列変換を行っても、エントロピー圧縮符号化などによって高い圧縮率は期待できない。また浮動小数点形式のサンプル系列は原アナログ波形と著しく異なったものとなりサンプル間の相関による冗長性がなく、非特許文献1に示す可逆予測符号化方法を適用しても高い圧縮率は期待できない。

【0008】

この発明の目的は浮動小数点形式のデジタル信号に対して圧縮率が高く、歪が生じない可逆符号化、復号化方法、それらの装置及びそれらのプログラム、記録媒体を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明の符号化方法の一面によれば、浮動小数点形式のデジタル信号系列を、その整数値と、その誤差とに分離して可逆圧縮符号化する第1符号化手段と、直接可逆圧縮符号化する第2符号化手段とを設け、フレーム単位ごとに、圧縮効率が高くなる又は高い符号化手段を選択し、その符号化結果と、その選択情報とを出力する。

【0010】

この発明の符号化方法の他面によれば、浮動小数点形式の第1デジタル信号系列を整数形式の第2デジタル信号系列として圧縮符号化して第1符号列を出力し、第2デジタル信号系列の第1デジタル信号系列に対する誤差である浮動小数点形式の差分デジタル信号系列に対して、第2デジタル信号系列の各サンプルの値の範囲に対応して一意に決まるゼロ以外になり得る桁について可逆圧縮する第1手段と、差分デジタル信号系列を直接可逆圧縮する第2手段とを設け、第1手段と第2手段とで圧縮効率が高い圧縮結果を第2符号列として出力する。

【発明の効果】

【0011】

この発明の一面において、分離された整数値のデジタル信号系列は、原アナログ波形信号に近いものとなり、信号サンプル間の相関による冗長性を除く圧縮方法により効率よく圧縮することができるが、第1デジタル信号系列に大きな偏りがあれば、これを直接可逆圧縮した方が圧縮効率が高い場合があり、この発明の一面ではその場合は第1デジタル信号系列を直接圧縮符号化することになり、常に整数値とその誤差分とに分離して圧縮符号化する場合より高い圧縮効率を得られる。

【0012】

この発明の他面においては整数形式第2デジタル信号系列の振幅が大きい場合は差分デジタル信号系列はゼロ以外になり得る桁数が多いため能率よく圧縮することができるが、振幅が小さい場合は差分デジタル信号系列の桁数が多くなり、例えば通常の8バイト単位のユニバーサル符号化をした方がよい。つまりこの発明の他面によれば、振幅が大きければ、第1手段による圧縮符号化が行われ、振幅が小さければ、第2手段による圧縮符号化が行われ、常に第1手段によって圧縮符号化する場合により、圧縮効率を高くすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

この発明は画像信号、音声信号などにも適用できるが、以下は主として音楽信号に対してこの発明を適用した場合について、実施形態を説明する。また浮動小数点形式としても各種のものをを用いることができるが、以下では32ビットIEEE-754を前提とする。

【0014】

〔第1実施形態〕

図1にこの発明による符号化装置の実施形態の機能構成を示す。信号源10から例えば音楽信号のサンプル列が32ビットの浮動小数点形式のデジタル信号系列Xとして出力される。このデジタル信号系列Xは24ビットの整数形式で録音された信号の素材を変形、振幅調整、効果付加、混合などの加工をした結果、小数点以下の数を含むようになったものを浮動小数点形式に変換したもの、あるいは、もともと24ビットの整数形式で録音された信号を32ビット浮動小数点形式に変換後、前記加工をした信号である。このデジタル信号系列Xは一定サンプル数、例えば1024個単位のフレームにフレーム分割部11で分割される。このフレーム分割は16～32フレームなどのスーパーフレーム単位でもよく、あるいは1/2とか1/4フレームでもよく、要は一定サンプル数ごとに分割することであり、以下ではこれらを総称してフレームと呼ぶ。

【0015】

デジタル信号系列Xは分析選択部100により分析され整数値とその誤差を分離して可逆圧縮符号化する2系統符号化部110又はデジタル信号系列Xを直接可逆圧縮符号化する1系統符号化部120のいずれかで符号化される。分析選択部100では例えばデジタル信号系列Xが効率推定部101に入力され、そのフレーム内の平均振幅が平均部101aで計算され、その平均振幅が所定値以上か否かが判定部101bで判定され、その判定結果に応じて選択部102が制御される。その制御により判定結果が所定値以上であればそのフレームのデジタル信号系列Xが2系統符号化部110に供給され、所定値以上でなければ1系統符号化部120へ供給される。

【0016】

例えば入力デジタル信号系列Xの各サンプル中の整数値が16ビットで表わされる場合、前記判定部101bでの判定基準となる所定値は8ビットとされる。この所定値は前記整数値により異なり、また入力デジタル信号系列Xの性質などにより、全体の圧縮効率がよくなるように選定される。

【0017】

2系統符号化部110においては、浮動小数点形式のデジタル信号系列Xは整数化部12に入力され、各サンプルごとに整数形式のデジタル信号系列Yに変換される。先に述べたように前記例ではもともと24ビットの整数形式の信号の素材を変形、振幅調整、効果付加などの加工をした場合が多く、振幅が大きく変化することがないのが一般的である。従って整数化部12においては小数点以下を四捨五入または切り捨て、切り上げによって整数に変換すればよい。例えば切り捨てを行う場合は、小数点の次のビットは、指数部の値Eが例えば147であれば $147 - 127 = 20$ 番目であり、絶対値2進表現をした場合の20ビットが整数であって、23ビットの仮数部M中の下位3ビットが小数点以下の値であり、この3ビットを“0”とする。小数点以下の部分があふれて、整数の1ビット目が24ビット中の最下位ビットとなるように、仮数部Mをシフトさせる。このシフ

トにより仮数部Mの空きとなった最下位ビットには“1”その他のビットには“0”を詰める。更にこの整数値を2の補数表現に変換する。つまり、浮動小数点形式デジタル信号系列Xの各サンプルの極性ビットをそのまま最上位ビットとし、残りの23ビットについては前記シフト制御した23ビットを、極性Sが“0”（正）の場合はそのまま用い、Sが“1”（負）であれば、その23ビットの最下位ビットから最初“1”まではそのまま、それより上位のビットは“0”と“1”を交換する。

【0018】

整数化部12で整数形式のデジタル信号系列Yに変換する際に、その各サンプルごとのその絶対値表現2進数における整数値の桁（ビット）数 $(E - E_0) = n$ を桁数計算部12aで求めて出力しておくことが好ましい。

なお浮動小数点形式デジタル信号系列Xが、例えば前記24ビット整数形式の信号の素材の複数を混合などして加工する場合には1サンプルの振幅値が24ビットで表わされる最大値より可成り大きくなっている場合もある。このような場合は例外処理として、指数部Eの値を飽和させ、つまり前記例では指数部Eの値を $127 + 23 = 150$ とし、仮数部Mの23ビットをそのまま2の補数表現に変換して24ビット整数形式のデジタル信号として用いる。

【0019】

整数化部12では例えば図2に示す処理を行うことになる。まず指数部Eが150を超えるか、つまり整数部分が23ビットを超えるかを調べ（S1）、超えなければ、桁数計算部12aで整数値の桁数 $E - E_0 = n$ を求めて出力し（S2）、また仮数部Mをその最上位より1ビット上位に“1”を付けて下位に、 $23 - (E - E_0)$ ビットだけシフトし（S3）、そのシフトしたものを、極性Sを加味して2の補数表現の24ビット整数形式に変換して1サンプルの整数形式デジタル信号（値）を得る（S4）。つまり最上位ビットに極性Sをそのまま用い、残りの23ビットは、極性Sが“0”（正）であればステップS3でシフトした整数部分の最下位ビットから23ビットまでをそのまま用い、Sが“1”（負）であれば前記シフトした整数部の最下位ビットから最初にビットが“1”になるまでをそのままとし、他のビットはビット反転して用いる。ステップS1で指数部Eが150を超えていれば、その指数部Eを150として指数部Eを飽和させてステップS4に移る（S5）。なお上述では仮数部Mに対してシフト制御して1サンプル24ビットの絶対値表現2進数の整数値を求めたが、仮数部Mの上位から $E - E_0 + 1$ ビットを取り出し、その上位側に“1”を付加して $E - E_0 + 2$ ビットとし、最上位の24ビット目に極性Sを用い、これと前記 $E - E_0 + 2$ ビットとの間に“0”を詰めて全体で24ビットにすればよい。なお四捨五入の場合は、図2に破線で示すようにステップS1で150より大でなければステップS6で、仮数部Mの上位から $E - E_0 + 1$ ビット目が“1”であるかを調べ1でなければステップS3へ移り、“1”でなければステップS7で仮数部Mの上位から $E - E_0$ ビット目に1を加算し、ステップS8で仮数部Mの最上位ビットが繰り上がったかを調べ、繰り上がっていたらステップS5へ移り、繰り上がっていなければステップS4へ移る。切り上げにより整数化する場合は、ステップS1で150より大でなければステップS7に移ればよい。

【0020】

以上のようにして整数化部12で変換された整数形式のデジタル信号系列Yは圧縮部13で整数値として波形の相関などを利用した効率のよい可逆圧縮法により圧縮符号化されて符号列aとして出力される。圧縮部13における可逆圧縮は例えば前記非特許文献1に示すように各サンプルごとに予測値（整数値）との差分を求め、その差分の系列を、従来の技術の項で述べたようにビット配列変換を行った後、つまり等位ビット列についてエントロピー符号化すればよい。整数形式のデジタル信号系列Yは信号源10の浮動小数点形式のデジタル信号系列Xの原アナログ波形信号と近似したものとなっている。従って整数形式のデジタル信号系列Yは予測や変換を使って信号サンプル間の相関による冗長性を除くことにより効率の高い可逆圧縮符号化が可能となる。

【0021】

また整数形式のデジタル信号系列Yと信号源10よりの浮動小数点形式のデジタル信号系列Xとの対応サンプルごとの差分(誤差)と対応する浮動小数点形式のデジタル信号系列Zが差分生成部14で生成される。この例では整数形式のデジタル信号系列Yは浮動小数点化部15で浮動小数点形式のデジタル信号系列Y'に再変換され、その再変換された浮動小数点形式のデジタル信号系列Y'が原浮動小数点形式のデジタル信号系列Xから減算部16で差し引かれて浮動小数点形式の差分デジタル信号系列Zが生成される。前述したように原浮動小数点形式のデジタル信号系列Xの指数部Eは $E - E_0 = 22$ 以下の場合が多く、この場合は整数形式のデジタル信号系列Yと原浮動小数点形式のデジタル信号系列Xとの差分デジタル信号系列Zの各サンプルの値は小数点以下の値となる。なお前述したように $E > 150$ の例外的な場合は整数化部12はそのことを示す例外信号yを差分生成部14に与え、差分生成部14は指数部Eが $(E - 150)$ 、つまり指数部差分値、仮数部が0の浮動小数点形式のデジタル信号を、信号系列Zのそのサンプル対応のデジタル信号として出力する。この説明は理解のためのものであって、現実には、差分生成部14に入力デジタル信号系列Xと整数値桁数nを入力し、入力デジタル信号系列Xの各サンプルの極性Sと指数部E、仮数部Mの下位 $23 - (n - 1)$ ビットをそれぞれ差分デジタル信号系列Zの各サンプルの極性、指数部、仮数部の下位 $23 - (n - 1)$ ビットとし、仮数部中の上位n-1ビットをすべて“0”として差分デジタル信号系列Zを生成すればよい。

【0022】

整数形式のデジタル信号系列Yと浮動小数点形式のデジタル信号系列Xとの対応サンプルごとの誤差信号系列Z、つまり差分生成部14からの浮動小数点形式の差分デジタル信号系列Zは圧縮部17で可逆圧縮符号化され、符号列bとして出力される。差分デジタル信号系列Zは一般に仮数部Mの振幅が小さいので圧縮部17では効率よく圧縮できる。

【0023】

この圧縮符号化を整数化部12から出力された整数値桁数nを用いて、浮動小数点形式の差分デジタル信号系列Z中の各サンプルについて、“0”以外になり得る桁についてのみ可逆圧縮符号化を行うことにより更に圧縮効率を高めることができる。浮動小数点形式デジタル信号系列Xの各サンプルデジタル信号は、その仮数部Mにおける整数値に対応するビットと、小数値に対応するビットは図3に示す関係にある。図中に絶対値表現2進数とした場合の小数点P₀の位置を便宜的に示してある。つまり整数値の絶対値 X_M が0の場合は、仮数部Mの23ビットの全て $x_{23} \cdots x_1$ が全て小数部分であり、整数値の絶対値 X_M が1の場合は、仮数部Mの23ビット目より1ビット上位の1ビット(以下24ビット目という)が“1”で、仮数部Mの23ビットは小数値を現わし、整数値の絶対値 X_M が2~3の場合は24ビット目の“1”と23ビット目の x_{23} との2ビットにより整数値を現わし、 $x_{22} \cdots x_1$ の22ビットで小数値を現わし、 X_M が4~7の場合は24ビット目の“1”と23ビット目 x_{23} 、22ビット目 x_{22} の3ビットにより整数値を現わし、 $x_{21} \cdots x_1$ の21ビットにより小数値を現わしている。 X_M が $2^{n-1} \sim (2^n - 1)$ の場合は、24ビット目の“1”と、 $x_{23} \cdots x_{23-(n-2)}$ とのnビットで整数値を現わし、 $x_{23-(n-1)} \cdots x_1$ の $23 - (n - 1)$ ビットで小数値を現わす。

【0024】

所で整数化部12での整数形式デジタル信号系列Yへの変換を切り捨てにより行った場合は差分デジタル信号系列Zは入力32ビット入力浮動小数点形式のデジタル信号系列Xから、整数形式デジタル信号系列Yを32ビット浮動小数点形式にしたデジタル信号系列Y'を差し引いたものであるから差分デジタル信号系列Zと整数値の絶対値 X_M との間には、図4に示すような関係がある。整数値の絶対値 X_M が0の場合は逆変換された浮動小数点系列Y'はゼロであるから系列Zの極性S、指数部E、仮数部Mは浮動小数点形式のデジタル信号系列Xのそれとそれぞれ同一値をとる。従って系列ZのS、E、Mはデジタル信号系列Xのそれらの値により決まり、固定した値とはならない。整数値の絶対値 X_M が1の場合は、系列Y'のS、Eはそれぞれ系列Xのそれと同一となり

、Mは0となる。従って系列ZのS、Eはそれぞれ必ず0、0となり、Mは系列XのMと同一となり、固定値にはならない。整数値 X_M が2～3の場合は、系列Y'のS、Eはそれぞれ、系列Xのそれと同一となり、Mは23ビット目 x_{23} が系列XのMのそれと同一となり、小数値部分 $x_{22} \cdots x_1$ は全て“0”である。従って系列ZのS、Eは必ず0となり、仮数部Mは上位1桁(23ビット目 x_{23})が必ず0となり、残りの小数値部分 $x_{22} \cdots x_1$ が固定値にはならない。以下同様に、系列Xの整数値 X_M が $2^{n-1} \sim (2^n - 1)$ の場合系列ZのS、Eは必ず0となり、仮数部Mは、系列Xの仮数部Mの整数値部分と対応する $x_{23} \cdots x_{23-(n-2)}$ の上位 $n-1$ 桁(ビット)が必ず“0”となり、残りの $x_{23-(n-1)} \cdots x_1$ の $23 - (n-1)$ ビットが系列Xの仮数部Mのそれと同一値となり、固定した値にならない。整数形式デジタル信号系列Yの整数値の範囲、つまり整数値の桁数 n に応じて差分デジタル信号系列Zのゼロ以外になり得る桁数 h が決まる。

【0025】

このような関係があるから、浮動小数点形式差分デジタル信号系列Zについては、圧縮部17において、整数化部12から入力された整数値の桁数 n を用い、対応サンプルの浮動小数点形式デジタル信号中の0以外をとり得る桁についてのみ可逆圧縮符号化することにより圧縮効率を高める。つまり整数値の桁数 n が0であれば指数部E、仮数部Mの全てを可逆圧縮符号化し、 $n \neq 0$ であれば、仮数部M中の下位 $(23 - (n-1)) = 24 - n = h$ ビットのみを可逆圧縮符号化する。以上から入力デジタル信号系列Xと整数値の桁数 n とを差分生成部14に入力して、差分デジタル信号系列Zを生成できることが理解されよう。圧縮部17における可逆圧縮符号化は予め0であることがわかっている数値の符号化を省略して圧縮効率を高くする。このゼロ以外になり得る桁についての符号化はそのゼロ以外になり得る桁数ごとに例えばハフマン符号化などのエントロピ符号化を行うか、まとめて例えばユニバーサル符号化を行う。例えば系列 $Z = z_1, z_2, z_3 \cdots$ が図5に示す状態の場合に整数値が0の場合以外は0以外になり得る桁数部分 M_D のみを符号化する。つまり図5中に斜線を施した部分のみをサンプルごとにあるいはフレームを符号化する。つまり図5中に斜線を施した部分のみをサンプルごとにあるいはフレーム単位など適当にまとめてエントロピ符号化などの可逆圧縮符号化を行えばよい。従って差分デジタル信号系列Zとしては、桁数 $n=0$ の場合は入力系列Xの指数部Eをも出力するがその他の場合は入力系列Xの仮数部Mの下位 $24 - n = h$ ビットのみを系列Zとして出力してもよい。なお極性Sは整数形式デジタル信号系列Yより出力されている。

【0026】

図1に示すように、1系統符号化部120では入力された浮動小数点形式のデジタル信号系列Xは圧縮部121で直接可逆圧縮符号化され、符号列cとして出力される。この可逆圧縮符号化は例えば8ビット単位のユニバーサル符号化で行えばよい。分析選択部100より2系統符号化部110と1系統符号化部120とのいずれを選択したかを示す補助情報が補助符号化部103により補助符号dとして符号化されて出力される。これら符号化列a及びb又はcと補助符号dが出力部104から出力され、伝送、あるいは記録媒体への記録に用いられる。

【0027】

符号列a及びbを出力するか符号列cを出力するかの選択は2系統符号化部110及び1系統符号化部120でデジタル信号系列Xをそれぞれ、一旦符号化し、図1中に破線で示すように、分析選択部100'に符号列a及びb、また符号列cを入力し、そのフレームにおける圧縮効率を効率推定部101cでそれぞれ推定し、例えばそれぞれの符号長のそのフレーム内での総和を求め、比較判定部100dで比較し、その符号長総和が小さい方が、圧縮効率が高いものとして、出力部104から、符号列a及びb又は符号列cを選択出力するようにしてもよい。この場合もその選択を示す補助符号dを出力する。

【0028】

図6に図1に示した符号化装置と対応するこの発明による復号化装置の実施形態を示す。

。入力端子201よりの符号列は1フレーム分の符号列ごとに補助符号抽出部202で補助符号dが抽出され、補助符号dにより分離部203が制御され、入力端子201よりの

符号列は補助符号 d が 2 系統符号化を表わす場合は符号列 a と b に分離されて 2 系統復号部 210 へ供給され、1 系統符号化を表わす場合は 1 系統復号部 220 へ供給される。

【0029】

2 系統復号部 210 に入力された符号列 a は伸張部 21 で可逆伸張復号化される。この可逆伸張復号化方法は、図 1 中の圧縮部 13 で行った可逆圧縮符号化方法と対応し、その処理と逆の処理を行う。よってこの可逆伸張復号化により 1 サンプル 24 ビットの整数形式のデジタル信号系列 Y が生成される。また伸張部 21 中の桁数出力部 21a において、伸張復号された各サンプルごとの桁数 n を求めて出力される。この桁数 n は伸張部 23 に入力される。

【0030】

伸張部 23 ではこれに入力された符号列 b が可逆伸張復号化される。この可逆伸張復号化方法は図 1 中の圧縮部 17 で行う可逆圧縮方法と対応したものとする。よってこの伸張部 23 において、伸張復号されたビット列から、組立部 23a により桁数 n に基づいて、サンプルごとの 32 ビット浮動小数点形式の差分（誤差）デジタル信号が組立てられ、浮動小数点形式の差分デジタル信号系列 Z として出力される。

【0031】

つまり伸張部 21 からの最初のサンプルに対する桁数 n と、伸張部 23 で伸張復号されたビット列から、最初のサンプルと対応する部分として $n=0$ でなければ、23 ビットの仮数部 M の下位 $23-(n-1)=h$ ビットとして h ビットが取り出されて、図 5 中の最初のサンプル z_1 における斜線を施した部分よりなる 1 サンプル 32 ビットの浮動小数点形式の差分デジタル信号 z_1 として組立てられる。極性 S の 1 ビット、指数部 E の 8 ビットはすべて 0 とし、また図 5 中の仮数部 M 中の整数値と対応する部分 M_i は全て 0 とされる。次のサンプルに対して対応桁数 $n \neq 0$ に応じて仮数部の下位 $23-(n-1)=h$ ビットとして伸張復号ビット列から h ビットを取り出して 32 ビットの浮動小数点形式差分デジタル信号とされ、以下同様にして図 5 に示したようなサンプル列 z_2, z_3 ... が順次組立てられて出力される。 $n=0$ の場合は指数部 E の 8 ビットと仮数部 M の 23 ビットが伸張復号ビット列から取り出されて浮動小数点形式デジタル信号とする。この復号した差分デジタル信号系列 Z は極性 S は常に 0、指数部 E は $n=0$ 以外は常に 0、仮数部 M は下位の $23-(n-1)=b$ ビットのみが 0 以外になり得るビットであり、その他は常に 0 であり、従って正しくは浮動小数点表現ではないが、ここでは浮動小数点形式差分デジタル信号と云っていることに注意されたい。

【0032】

伸張部 21 よりの 24 ビット整数形式のデジタル信号系列 Y は浮動小数点化部 22 で 1 サンプル 32 ビットの浮動小数点形式のデジタル信号系列 Y' に変換される。このデジタル信号系列 Y' は伸張部 23 よりの浮動小数点形式の差分デジタル信号系列 Z とが合成部 24 で対応サンプルごとに加算合成され、浮動小数点形式のデジタル信号系列 X が再生される。再生デジタル信号 X の各サンプルの極性はデジタル信号系列 Y' のそれ、つまり復号された整数形式のデジタル信号系列 Y の極性となり、指数部 E は $n=0$ 以外は、信号系列 Y' の指数部となり、仮数部 M は上位 $n=23-h$ ビットが信号系列 Y' のそれとなり、下位 $23-(n-1)=h$ ビットが信号系列 Z のそれとなる。

【0033】

1 系統復号部 220 に入力された符号列 c は、図 1 中の圧縮部 121 と対応した可逆復号伸張処理により、原浮動小数点形式のデジタル信号系列 X に直接復号される。

2 系統復号部 210 及び 1 系統復号部 220 で復号された浮動小数点形式のデジタル信号系列 X はフレーム合成部 205 において、順次連続合成されて、浮動小数点形式デジタル信号系列とされる。

【0034】

なお図 1 に示した符号化装置において、圧縮部 17 は浮動小数点形式の差分デジタル信号系列 Z を直接可逆圧縮符号化してもよい。

この場合は、図 6 に示した復号装置中の伸張部 23 では浮動小数点形式の差分デジタ

ル信号系列 Z が直接復号されるようにする。この直接可逆圧縮符号化、復号化する場合は整数化部 12 における整数化は切り捨てのみならず、四捨五入、切り上げにより行ってもよい。

【0035】

[第2実施形態]

この発明の第2実施形態では浮動小数点形式のデジタル信号系列 X から、必ず整数形式のデジタル信号系列 Y を生成するが、浮動小数点形式の差分デジタル信号系列 Z については、2つの可逆圧縮符号化方法のいずれかの圧縮効率が高いと推定される方により符号化する。つまり1つは第1実施形態で説明したように整数形式デジタル信号系列 Y の各サンプルの桁数 n を利用する方法であり、他の1つは浮動小数点形式の差分デジタル信号系列を直接可逆圧縮符号化する方法である。

【0036】

この第2実施形態の符号化装置の機能構成を、図7に、図1と対応する部分に同一参照番号を付けて示し、重複説明は省略する（以下も同様）。この第2実施形態では差分デジタル信号系列 Z の符号化のために、整数値の桁数 n を利用する圧縮部 17 と、浮動小数点形式の差分デジタル信号系列を直接可逆圧縮符号化する圧縮部 103 とが設けられる。また分析部 132 に整数化部 12 から整数値の桁数 n が入力され、その桁数 n と基準値とが判定部 132a で比較され、その比較結果に応じて選択部 133 が制御される。その結果、桁数 n が基準値以上であれば、差分デジタル信号系列 Z は圧縮部 17 へ供給され、桁数 n が基準値以上でなければ差分デジタル信号系列 Z は圧縮部 131 へ供給される。圧縮部 17 と 131 のいずれかで可逆圧縮符号化された差分デジタル信号系列 Z に対する符号列 b が出力部 104 に入力されることになる。

【0037】

つまり整数値の桁数 n が大きければ、つまり振幅が大きければ、図4を参照して説明したように、差分デジタル信号系列 Z 中のゼロ以外をとり得る桁の数 h が小さくなり、差分デジタル信号系列 Z を効率的に圧縮することができる。しかし整数値の桁数 n が小さければ、つまり振幅が小さければ、差分デジタル信号系列 Z 中のゼロ以外を取り得る桁の数 h が大きくなり、圧縮部 131 において、浮動小数点形式の差分デジタル信号系列 Z を、例えば通常の8ビット単位のユニバーサル符号化により可逆圧縮符号化した方が有利である。判定部 132a における前記基準値としては、例えば整数形式デジタル信号系列 Y の振幅長が16ビットの場合、10ビットとされる。この基準値も第1実施形態の判定部 101b における所定値と同様に各種条件に応じて高い圧縮効率を得られるように選定される。

【0038】

この圧縮部 17 と 131 との選択は、各サンプルごとに行ってもよく、あるいは、分析部 132 の平均部 132b で1フレーム分の整数値桁数 n を平均し、その平均値が基準値以上であれば、圧縮部 17 を選択し、基準値以上でなければ圧縮部 131 を選択するようにしてもよい。各サンプルごとに圧縮部 17 と 131 との選択を行う場合は、圧縮部 17 では例えば入力された1フレーム分をビット連結して、エントロピー符号化する。また整数値の桁数 n を利用して圧縮部 17 と 131 の選択を行う場合は、その圧縮部 17 と 131 のいずれを選択したか表わす補助符号を出力する必要はない。

【0039】

図7中に破線で示すように、差分デジタル信号系列 Z を圧縮部 17 と圧縮部 131 との両方でそれぞれ可逆圧縮符号化し、これらの符号化結果としての符号列 b' と b'' をそれぞれ分析選択部 134 に入力して、そのフレームにおける差分デジタル信号系列 Z に対する圧縮効率が圧縮部 17 と 131 とでいずれが高いかを効率推定部 134a 及び判定部 134b により判定して、その圧縮効率が高い方の符号列を符号列 b として出力部 104 より出力してもよい。この場合は、符号列 b が圧縮部 17 と 131 のいずれにより符号化されたものであるかを表わす補助符号 e を補助符号化部 103 から出力する必要がある。

【0040】

図7に示した符号化装置と対応する復号装置の実施形態を図8に図6と対応する部分に同一参照番号を付けて示す。分離部203により分離された符号列aは必ず伸張部21に輸入されて、整数形式のデジタル信号系列Yが復号伸張される。符号列bに対する伸張部として伸張部23の他に伸張部231が設けられる。

【0041】

伸張部21よりの整数値の桁数nが分析部232に輸入され、分析部232は図7中の分析部132と同一構成であり、桁数nと基準値とが判定部232aで比較され、桁数nが基準値以上であれば、符号列bは伸張部23へ供給され、桁数nが基準値以上でなければ、符号列bは伸張部231へ供給されるように選択部233が制御される。伸張部23では第1実施形態で説明したように、復号伸張されたビット列から桁数nで決まる0以外を取り得る桁数hづつ取り出され、組立部23aで浮動小数点形式の差分デジタル信号系列Zに組み立てられる。

【0042】

伸張部231では、図7中の圧縮部131と対応した復号伸張方法により、符号列bが浮動小数点形式の差分デジタル信号系列Zに直接復号伸張される。なお図7中の分析部132で桁数nの平均を利用した場合は分析部232においても桁数nを平均部232bで平均して、基準値と比較する。桁数nを利用しない場合は、分離部203から抽出部234により補助符号eが抽出され、この補助符号eにより選択部233が制御されて、符号列bが伸張部23又は伸張部231へ供給されることになる。

【0043】

[第3実施形態]

この発明の第3実施形態は第1実施形態と第2実施形態とを組み合わせたものである。よって第3実施形態の符号化装置の機能構成図を、図9に、図1及び図7と対応する部分に同一参照番号を付けて示し、重複説明は省略する。この図9中に破線枠140で示す分析選択部は、第1実施形態において、2系統符号化部110と1系統符号化部120とのいずれによる符号列の選択を、両符号列a及びbと符号列cの各圧縮率から決める場合、つまり図1中の分析選択部100'を利用する場合と第2実施形態において、圧縮部17と131とのいずれによる符号列の選択を、符号列b₁とb₂の各圧縮率から決める場合、つまり図7中の分析選択部134を利用する場合との両者又はその一方を用いる場合を示す。

この第3実施形態の復号装置を、図10に、図6及び図8と対応する部分に同一参照番号を付けて示し、重複説明を省略する。

【0044】

[第4実施形態]

一般の浮動小数点ではなく、もともと24ビットとか16ビットの整数値のPCM信号を便宜上、浮動小数点に変換して符号化対象の系列を作成する場合がある。このような特殊な浮動小数点系列の場合には、前述した第1実施形態において0以外になり得る桁はなくなり、差分生成部14よりの浮動小数点形式の差分(誤差)デジタル信号系列Zはすべてゼロとなり、非常に効率よく圧縮することができる。この場合は、整数形式のデジタル信号系列に対する符号列aに、例えばゼロの個数としたごくわずかの補助情報を追加するだけで可逆な圧縮が可能となる。従って例えば補助情報として2ビットを用い、その2ビットが0、0であればもとのデジタル信号Xが1サンプル16ビットの整数値のみ、0、1であれば1サンプル24ビットの整数値のみ、1、0であれば1サンプル16ビットの整数値と小数値、1、1であれば1サンプル24ビットの整数値と小数値の信号であることを表わし、この2ビット補助情報を圧縮部13の出力符号列aの先頭に追加し、前2者の場合は符号列bを出力せず、後2者の場合に符号列bを出力することにより効率的な圧縮が可能となる。

【0045】

以下の説明では16ビットの整数化の場合を扱うが、整数化のビット数は任意でよい。

符号化する対象の浮動小数点系列のもとになった系列が1サンプル24ビットの整数値のみであることが自明の場合には、整数化部12よりの整数形式のデジタル信号系列Yの各サンプルを24ビットの整数値として圧縮部13で可逆圧縮すればよく、もとの系列が1サンプル16ビットの整数値のみであることがわかっている場合は、整数化部12よりの整数形式のデジタル信号系列Yの各サンプルを16ビットの整数値として圧縮部13で可逆圧縮符号化すればよい。

【0046】

もともと整数のビット数のみか一般の浮動小数点形式のデジタル信号かが不明の場合に、整数化部12の出力整数形式のデジタル信号系列Yを圧縮するために、各サンプルが例えば16ビットの整数として圧縮部13で可逆圧縮符号化することが考えられる。第1実施形態では整数形式のデジタル信号系列Yの各サンプルが24ビットであるとして、ゼロ以外になり得る桁数 $h (= 23 - (n - 1))$ を整数値の桁数 n から自動的に求め、誤差(差分)デジタル信号系列Zのうちこのゼロ以外になり得る桁数 h の系列のみを圧縮部17で可逆圧縮すればよかった。

【0047】

しかし整数形式のデジタル信号系列Yの各サンプルを16ビットにするには図11Aに示すように浮動小数点形式のデジタル信号系列Xの各サンプルの仮数部Mを下位へ8ビットシフトして、つまり入力デジタル信号系列Xの各サンプルの整数部Eを $E - 8$ として小数点位置を8ビット上位に移した状態で整数化部12へ入力する。この結果24ビットの整数形式のデジタル信号系列の各サンプルの下位8ビットが失われる。従って16ビット整数形式デジタル信号系列Yを浮動小数点形式のデジタル信号系列Y'とし、たもの下位の0となる桁数は下位から更に8桁増加し、 $h + 8$ 桁となる。このため差分デジタル信号系列Zの各サンプルについて0以外になり得る桁数は図11A中斜線を施した下位 $8 + h$ 桁となる。図11中の n は整数値 X_M の桁数を示し、 $h = 24 - n$ であり、また整数形式デジタル信号系列Yは便宜的に絶対値表現2進数で示してある。

【0048】

入力デジタル信号系列Xが一般の浮動小数点系列の場合、差分デジタル信号系列Zの各サンプル下位 $8 + h$ 桁の系列の偏りは少なく、もともと効率よく圧縮することはできない。しかし、入力デジタル信号系列Xがもともと16ビットの整数値であったものを便宜的に浮動小数点形式とした場合は図11Bに示すようにもともとの16ビットの整数部分は全て整数形式のデジタル信号系列Yとされ、入力信号系列Xの各サンプルの仮数部Mは上位の整数値桁数 $n - 1$ ビット以外はすべて0であるから、差分(誤差)デジタル信号系列Zは各サンプルすべてがゼロとなるので効率よく圧縮でき、冗長性は抑えられる。

【0049】

しかし入力浮動小数点形式のデジタル信号系列Xが、もともと24ビット整数値であったものを便宜的に浮動小数点形式とした場合は、図11Cに示すように整数形式のデジタル信号系列Yはもともと24ビット整数値中の上位16ビット部分であるから、系列Yを変換した浮動小数点形式のデジタル信号系列Y'の仮数部は下位8ビットが必ず0となり、差分デジタル信号系列Zの仮数部は下位8ビットが、ゼロ以外になり得る桁となり、この8桁を符号化することになる。図11Cに示すように、24ビット整数形式における整数値の桁数 n が16ビットより大であれば、 $8 - (n - 16)$ ビット、斜線を施した部分のビット数がゼロ以外になり得る。

【0050】

このような関係にあるから、差分(誤差)デジタル信号系列Zに対する可逆圧縮符号化を、一般の浮動小数点のデジタル信号系列の場合のゼロ以外になり得る桁数 h の部分と、整数形式のデジタル信号系列Yの各サンプルのビット数(桁数)を22ビット以下、前記例では16ビットとした場合の差分デジタル信号系列Zに対する圧縮符号化は、整数形式のデジタル信号系列を16ビット整数形式としたことに基づき、ゼロ以外になり得る桁数、前記例では8ビットの部分と、整数値の桁数 n に応じて生じるゼロ以外にな

り得る桁数 h とに分けて行くと効率よく圧縮することができる。

【0051】

図12にその例を図1と対応する部分に同一参照符号を付けて示す。分析選択部100からの入力浮動小数点デジタル信号 X は桁調整部31で図11に示したように8ビット下位にシフトされ、つまり指数部 E の値が8引算され $E \leftarrow E - 8$ とされて整数化部12に入力される。この結果整数化部12では各サンプルが16 ($= 24 - 8$) ビットの整数形式のデジタル信号系列 Y とされる。この信号系列 Y が圧縮部13で可逆圧縮される。

【0052】

またこの16ビット整数形式デジタル信号系列 Y は逆桁調整部32で、桁調整部31と同一ビット数8であるが逆方向に、つまり上位に8ビットシフトされて、24ビットの整数形式デジタル信号系列とされる。この各サンプルの下位8ビットは全て0である。この24ビット整数形式に変換されたデジタル信号系列は浮動小数点化部15で浮動小数点形式のデジタル信号系列 Y' に変換される。この浮動小数点形式デジタル信号系列 Y' の仮数部 M の下位 ($8 + h (= 15 - (n - 1))$) ビットは図11Aに示したようにすべて0となっている。このデジタル信号系列 Y' と入力デジタル信号系列 X との差分(誤差)信号が減算部16でとられ、浮動小数点形式の差分デジタル信号系列 Z が生成される。現実的にはこのような処理を行うことなく差分生成部14で整数化部12よりの整数値の桁数 n を用いて、 $n \neq 0$ で入力デジタル信号系列 X の各サンプルの仮数部 M の下位 $8 + h (= 15 - (n - 1))$ ビットを取出し、 $n = 0$ では指数部 E と仮数部 M とを取出して差分デジタル信号系列 Z とすればよい。

【0053】

この差分デジタル信号系列 Z は分配部33に入力され、分配部33には整数化部12aよりの各サンプルの整数値の桁数 n が入力され、差分デジタル信号系列 Z の各サンプルは、 $n \neq 0$ の場合整数値桁数 n に基づく0以外になり得る桁部分 Z_h 、つまり下位の $h = 15 - (n - 1)$ ビットと、整数形式デジタル信号系列 Y を1サンプル24ビットから1サンプル16ビットに変更したことに基づく、つまり整数形式デジタル信号系列 Y の1サンプルのビット数に基づく、0以外になり得る桁部分 Z_c 、つまり下位 $h + 1$ ビット $\sim h + 8$ ビットとに分配する。 $n = 0$ の場合、指数部 E の8ビットと仮数部の下位 $23 - 8$ ビットを桁部分 Z_h として、上位8ビットを桁部分 Z_c として分配する。桁部分 Z_h は圧縮部17hで、桁部分 Z_c は圧縮部17cでそれぞれエントロピー符号化などにより可逆圧縮符号化され、符号列 b_1 、 b_2 として出力される。

【0054】

従って圧縮部17hには、主として仮数部 M における下位の0以外になり得るビットが入力され、これが可逆圧縮符号化される。もともとのデジタル信号が16ビット又は24ビットの整数値であれば図11B、Cに示したように $n = 0$ 以外は圧縮部17hに入力される桁部分 Z_h はすべて0になるから、効率よく圧縮される。

【0055】

圧縮部17cでは、図11に示したように、入力信号系列 X が一般浮動小数点の場合と、もともと24ビット整数値の場合は0以外になり得る下位 $h + 1 \sim h + 8$ ビットの8ビットが可逆圧縮符号化され、もともと16ビット整数の場合は下位 $h + 1 \sim h + 8$ ビットもすべて0となり、効率よい圧縮が可能となる。このようにすることにより、図1中の圧縮部17で差分デジタル信号系列 Z 中の0以外になりうるビットのすべてをまとめて圧縮符号化する場合より全体として効率よい圧縮が可能となる。図12から理解されるように、この圧縮部17hと17cを用いる手法は図1、図7、図9にそれぞれ示した符号化装置のいずれにも適用することができる。

【0056】

この図12に示した符号化装置と対応する復号化装置の実施形態を図13に図6と対応する部分に同一参照番号を付けて示す。補助符号抽出部202よりの補助符号 d により分離部203から符号列 a と b_1 、 b_2 が取り出された場合は、符号列 a は伸張部21で可逆伸張復号されて1サンプル16ビット整数形式のデジタル信号系列 Y が復号される。

符号列 b_1 と b_2 はそれぞれ伸張部 23h, 23c で可逆伸張復号化され、これらの復号されたビット列 B_h , B_c は合成部 41 に入力される。合成部 41 には伸張部 21 で復号された各サンプルごとの整数値の桁数 n も入力される。 $n \neq 0$ の場合は伸張部 23h の出力ビット列 B_h から、 $h = (15 - (n - 1))$ ビットが取出され、伸張部 23c の出力ビット列 B_c から 8 ビットが取出されこれらが仮数部 M の 23 ビット中の下位 h ビットと、その上位の 8 ビットとして合成される。以下同様に桁数 n に応じ、ビット列 B_h と B_c からそれぞれ h ビットと 8 ビットが取出されて合成され、 $n = 0$ の場合は指数部 E としての 8 ビットと $23 - 8 = 15$ ビットとがビット列 B_h から取り出され、ビット列 B_c から 8 ビットが取り出され、この 8 ビットとは指数部 E の 8 ビットと前記 15 ビットとの間に挿入される。

【0057】

復号された 16 ビット整数形式デジタル信号系列 Y は桁調整部 42 で上位へ 8 ビットシフトされ、24 ビット整数形式デジタル信号系列に変換され、その後、浮動小数点化部 15 で 32 ビット浮動小数点形式デジタル信号系列 Y' に変換される。この信号系列 Y' と信号系列 Z とが合成部 24 で合成されて、浮動小数点形式のデジタル信号系列 X が再生される。

【0058】**[変形例]**

図 4 に示した関係は切り捨て、つまり必ず絶対値が小さくなるように入力浮動小数点デジタル信号系列 X の各サンプルを整数値としたが、浮動小数点化部 15 で浮動小数点デジタル信号系列 Y' に再変換したあとでも指数部が、入力浮動小数点デジタル信号系列 X の対応サンプル間で変わらないようにすれば、必ずしも切捨てで整数にする必要はなく四捨五入でもよい。図 14 に示すように、 $0 \sim 1 \sim 2 \sim \dots \sim 9$ と連続した浮動小数点入力に対し、切り捨てにより整数値にすると、 $0, 1, 2, \dots, 9$ となる。従って入力浮動小数点から整数値を引いた誤差信号、つまり差分デジタル信号 Z の仮数部は必ず正になる。これに対し、図 15 に示すように四捨五入では $0 \sim 0.5 \sim 1.5 \sim 2.5 \sim \dots \sim 9.5$ と連続した入力浮動小数点が $0, 1, 2, \dots, 9$ となる。従ってもとの浮動小数点から再変換したあとの浮動小数点の値を引いた誤差信号、つまり差分デジタル信号 Z は負の数にもなりうる。整数化の際に、2 のべき乗の値に切り上げが生じた場合は、再変換した浮動小数点デジタル信号 Y' の指数部が、入力浮動小数点デジタル信号 X に対し変換し、仮数部は入力浮動小数点デジタル信号 X のそれとまったく異なるので圧縮には不利である。

【0059】

そこで以下に示す変形四捨五入を考える。図 16 に示すように、 $0 \sim 1 \sim 2 \sim 2.5 \sim 4 \sim 4.5 \sim 5.5 \sim 6.5 \sim 8 \sim 9.5 \sim \dots$ と連続した入力浮動小数点を $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, \dots$ と整数化し、つまり図中に矢印で示すように、2 のべき乗の直前の値 $1.999\dots, 1.999\dots, 3.999\dots, 7.999\dots, \dots$ のみは切り上げず、その他の場合は四捨五入する。誤差信号（差分デジタル信号） Z の正負の区別の極性に対して 1 ビットが必要になるが、四捨五入したサンプル信号については誤差が 0.5 以下になるので仮数部の最大桁数は 1 ビット減る。このため極性もあわせた仮数部の桁数は切り捨ての際と同じである。ただし整数値が 2 のべき乗値 $1, 2, 4, 8, \dots$ の際は誤差の仮数部が一桁少なくてすみ、整数値が 2 のべき乗の直前の値 $0, 1, 3, 7, 15, \dots$ の際は誤差が正の場合のみ最大 1 までの誤差が生じるので特別扱いする必要がある。

【0060】

つまり差分デジタル信号系列 Z の各サンプルごとの 0 以外になり得る桁の先頭ビットに極性ビットを付け、整数値が 2 のべき乗の直前の値の場合は 0 以外になり得る桁数 h を示す符号も付けて圧縮符号化を行い、復号装置において、符号列 b を復号伸張したビット列から、整数値の桁数 n から求めた 0 以外になり得るビット数 h と極性の 1 ビットを加えたビット数ごとに分離し、整数値が 2 のべき乗の直前の値の場合は、極性ビットと、0 以

外になり得る桁数 h を示す符号と、その符号が示すビット数 h との合計ビット数を分離して1サンプルの差分デジタル信号 Z を求める。なお、0以外となり得る桁のみを符号化する場合、振幅が大きい場合に効率がよく、振幅が大きい場合、2のべき乗の直前の値となる回数、つまり前記例外処理を行う回数は小さくなり、全体として圧縮効率を上げることができる。

【0061】

以上のように変形四捨五入をすることにより、浮動小数点入力と整数値の誤差のエネルギーは切捨てより小さくでき、整数値の系列の予測効率が改善される場合があり、しかも圧縮部17において差分デジタル信号系列 Z を、0以外になり得る桁についてのみ符号化することにより圧縮効率を高くすることができる。

【0062】

この変形四捨五入による整数化は例えば、図2中に1点鎖線で示すように、ステップS2の次に、入力浮動小数点デジタル信号系列 X の整数値は2のべき乗の直前の値かを調べ、例えば仮数部 M の上位 $E-E0$ ビットが全て1かを調べ、全て1であれば、2のべき乗の直前の値であるから、ステップS3に移り切り捨て処理を行い、上位 $E-E0$ ビットが全て1でなければステップS6に移って、四捨五入処理を行う。

【0063】

第2実施形態において、分析部132の判定結果に応じて圧縮部内による圧縮符号化か、圧縮部131による圧縮符号化を選択した。この選択を正確に行うには実際に両圧縮部17と131でそれぞれ符号化し、その結果により、圧縮効率が高い方の圧縮符号化の結果を採用した。後者の場合は正確であるが差分デジタル信号系列 Z を直接圧縮符号化するには比較的大きな処理量と時間を必要とする。従って以下のようにしてもよい。

【0064】

バイト(8ビット)単位でのユニバーサル符号化の効率を推定する方法の一例として、バイトごとのエントロピイの計算をする方法がある。誤差信号つまり浮動小数点形式の差分デジタル信号系列 Z を8ビット単位で0から255の整数 y とみなし、その1フレーム内における y の出現回数 $L(y)$ からヒストグラムを作り、フレーム内のバイト数 B で割り算をして y についての密度関数 $p(y)$ を求める。

$$p(y) = L(y) / B$$

この密度関数 $p(y)$ から平均エントロピイ $H(p(y))$ を求める。

$$H(p(y)) = -\sum_{y=0}^{255} p(y) \log_2(p(y))$$

ユニバーサル符号化では1バイトの数値をこの平均エントロピイ(ビット)程度までに圧縮できる可能性があるため、この平均エントロピイ値をフレーム内のバイト数 B 倍した値が、圧縮部17による0以外になり得る桁についてのみを圧縮符号化した場合の1フレーム内の符号化ビット数の合計値より小さい場合には、バイト単位のユニバーサル符号化、つまり圧縮部131による圧縮符号化の方が有利となる。

【0065】

この圧縮部の選択を行うには、例えば図7中に1点鎖線で示すように、差分生成部14からの差分デジタル信号系列 Z を平均エントロピイ計算部136に入力して、先に述べたように、平均エントロピイ $H(p(y))$ を求め、この $H(p(y))$ をバイト数 B 倍した値を求め、これと効率推定部134aで推定された符号列 b' の1フレーム分のビット数と判定部137で比較し、前者の方が小さければ、選択部133を制御して差分デジタル信号系列 Z を圧縮部131で圧縮符号化し、後者の方が小さければ、圧縮部17で圧縮符号化した符号列 b' を符号列 b として出力する。またいずれの圧縮部を選択したかを示す補助符号 e も出力する。なお前記エントロピイの計算の際に整数化部12において切り捨てにより整数化を行った場合は、差分デジタル信号系列 Z の各サンプルの仮数部 M の23ビットを1バイト単位で出現回数 $L(y)$ を求め、変形四捨五入の場合は各サンプルについて極性を含めて出現回数 $L(y)$ を求める。

【0066】

以上のように、ユニバーサル符号化の効率を推定すれば、差分デジタル信号系列 Z を

ユニバーサル符号化して、その1フレーム内での全符号化ビット数を求めて、分析選択部134で圧縮部を選択する場合よりも、処理量を少なくすることができる。このようなユニバーサル符号化の効率推定の利用は第1実施形態にも適用することもできる。

【0067】

上述において、整数形式デジタル信号系列Yを1サンプル16ビット、24ビットの場合としたが、これらは24ビット以下の任意の数としてもよく、その数に応じて整数形式デジタル信号系列Yのサンプル当りのビット数変更に基づく、ゼロ以外になり得る桁数を決定すればよい。このように分割単位ごとに圧縮符号化する場合は、整数化するビット数を分割単位ごとに都合のよいように決め、そのビット数を指定する補助符号も出力するようにしてもよい。

【0068】

図1、図7、図9、図12にそれぞれ示した符号化装置はコンピュータに機能させてもよい。その場合は符号化装置としてコンピュータを機能させるための符号化プログラムを、CD-ROM、磁気ディスクなどの記録媒体から、または通信回線を介して、コンピュータにダウンロードし、このプログラムをコンピュータに実行させればよい。同様に図6、図8、図10、図13にそれぞれ示した復号装置もコンピュータにより機能させてもよく、その場合は前記復号装置としてコンピュータを機能させるための復号化プログラムを用いればよい。

この発明は音楽信号のみならず、音声信号、画像信号などに対しても適用することができる。

【図面の簡単な説明】**【0069】**

【図1】 この発明の第1実施形態の符号化装置の機能構成を示す図。

【図2】 図1中の整数化部12における処理手順の例を示す図。

【図3】 整数値の絶対値と、その値を示す浮動小数点の仮数部のビットとの対応を示す図。

【図4】 整数値の絶対値と、差分デジタル信号の極性、指数部および仮数部との関係を示す図。

【図5】 差分デジタル信号系列中の圧縮符号化される部分の例を示す図。

【図6】 この発明の第1実施形態の復号装置の機能構成を示す図。

【図7】 この発明の第2実施形態の符号化装置の機能構成を示す図。

【図8】 この発明の第2実施形態の復号装置の機能構成を示す図。

【図9】 この発明の第3実施形態の符号化装置の機能構成を示す図。

【図10】 この発明の第3実施形態の復号装置の機能構成を示す図。

【図11】 入力浮動小数点形式信号X、整数形式信号Y、Yを浮動小数点形式に変換した信号Y'、差分（誤差）信号Zの関係例を示す図。

【図12】 この発明の第4実施形態の符号化装置の機能構成を示す図。

【図13】 この発明の第4実施形態の復号装置の機能構成を示す図。

【図14】 浮動小数点入力と切捨てによる整数値との関係を示す図。

【図15】 浮動小数点入力と四捨五入による整数値との関係を示す図。

【図16】 浮動小数点入力と変形四捨五入による整数値との関係を示す図。

【図17】 IEEE・754の32ビット浮動小数点のフォーマットを示す図。

【図 2】

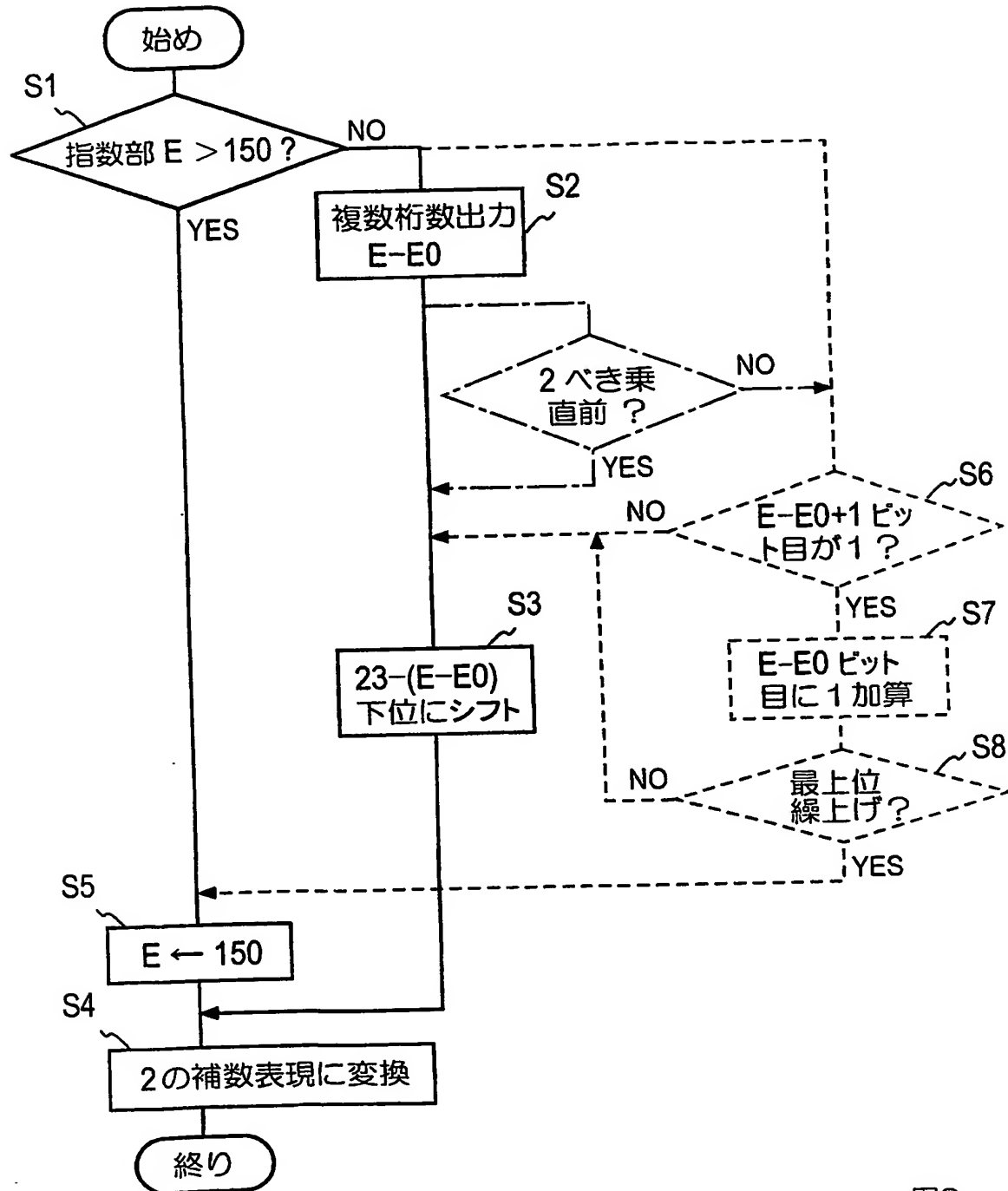


図2

【図 3】

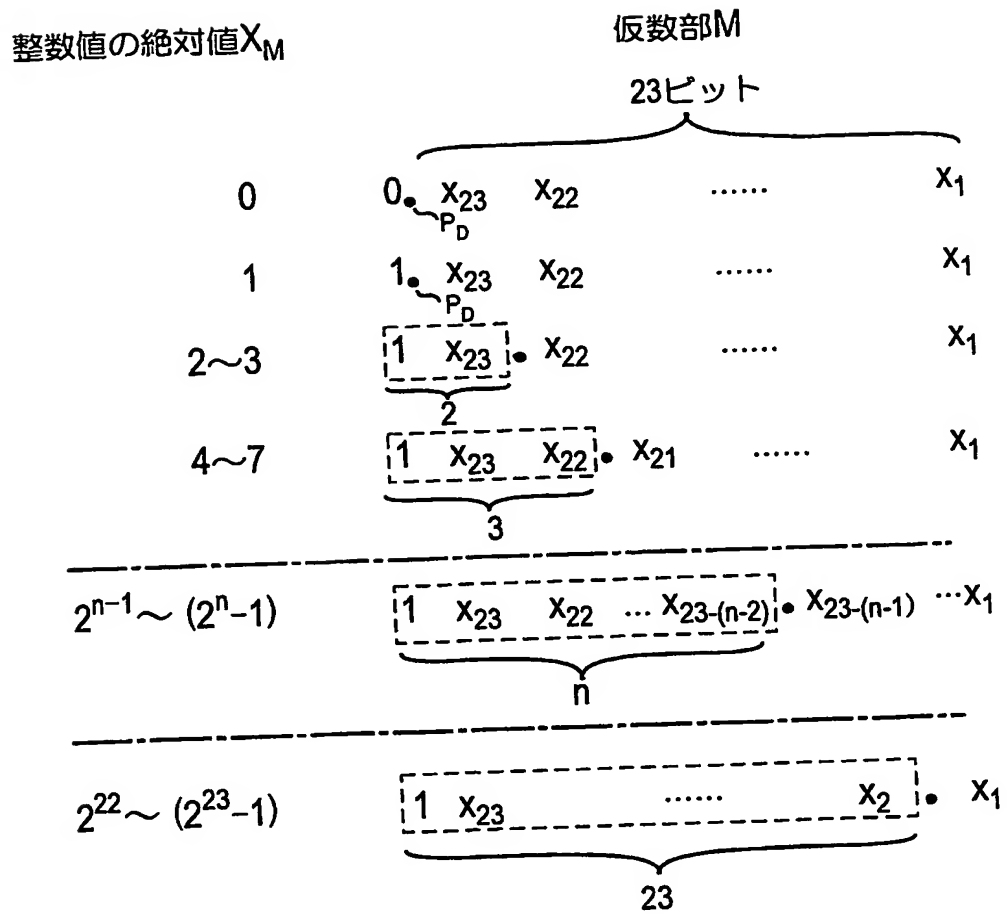


図 3

【図 4】

| 整数値の絶対値 X_M | 極性Sと指数部B | 仮数部M |
|----------------------------|----------|-------------|
| 0 | 制約なし | 制約なし |
| 1 | 0 | 制約なし |
| 2~3 | 0 | 上位1桁0 |
| 4~7 | 0 | 上位2桁0 |
| - | - | - |
| $2^{n-1} \sim (2^n - 1)$ | 0 | 上位 $n-1$ 桁0 |
| $2^{22} \sim (2^{23} - 1)$ | 0 | 上位22桁0 |

図 4

【図 5】

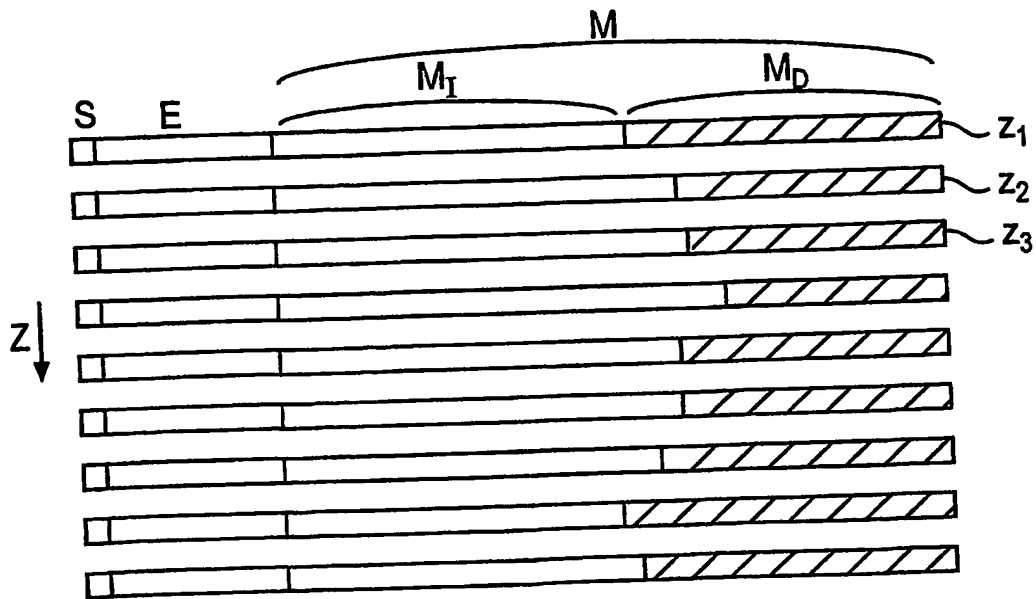


図 5

【図 6】

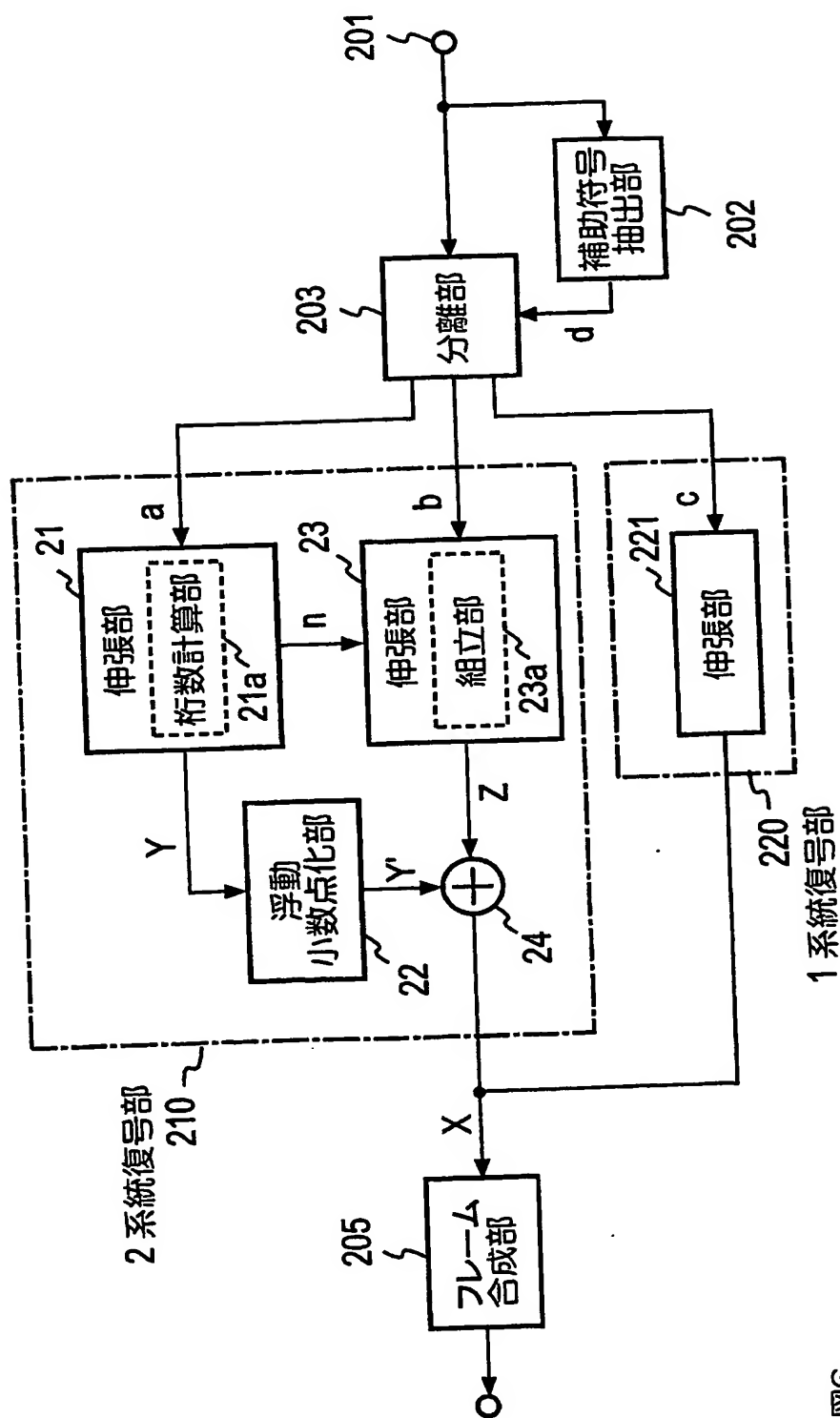


図6

【図7】

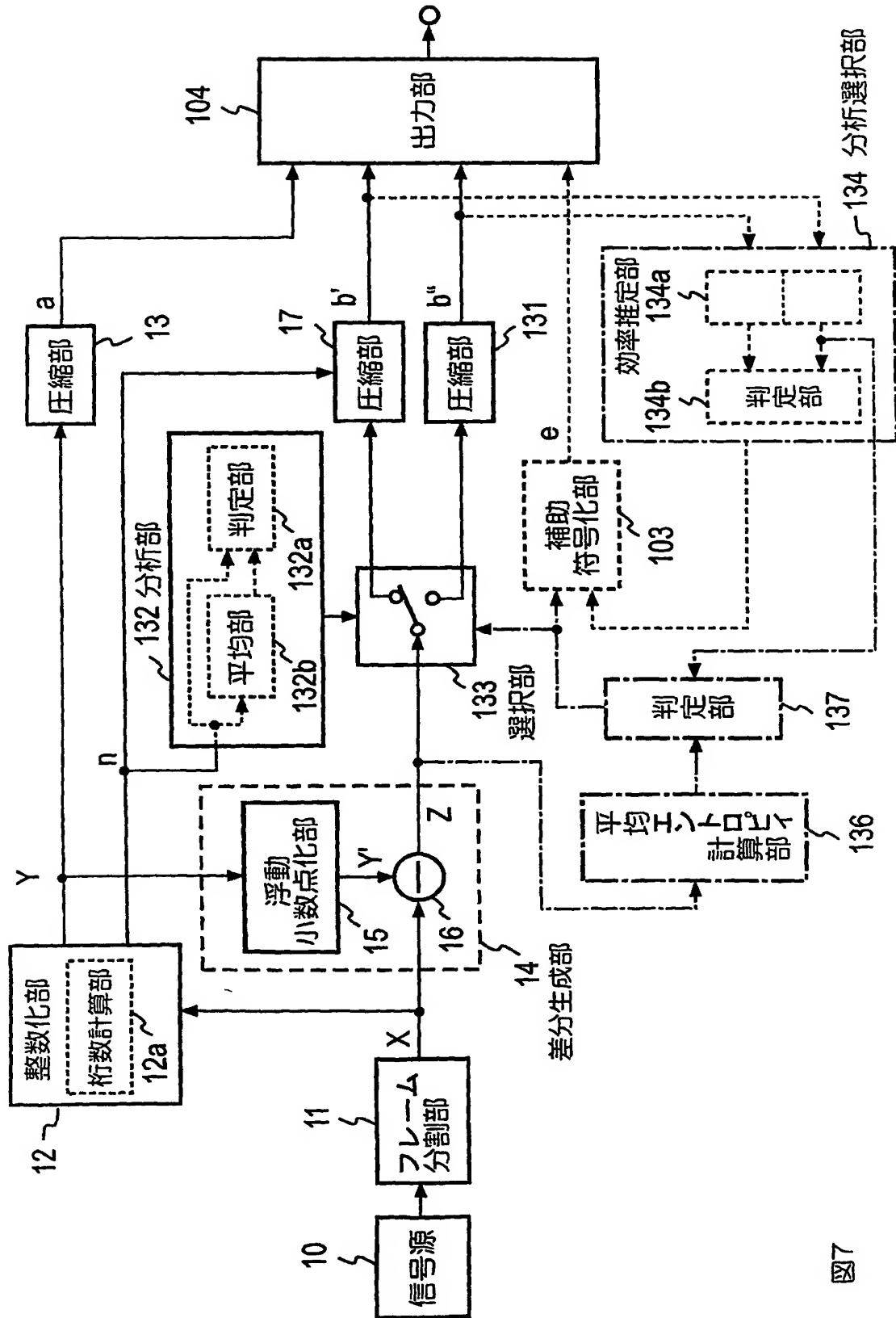


図7

【図 8】

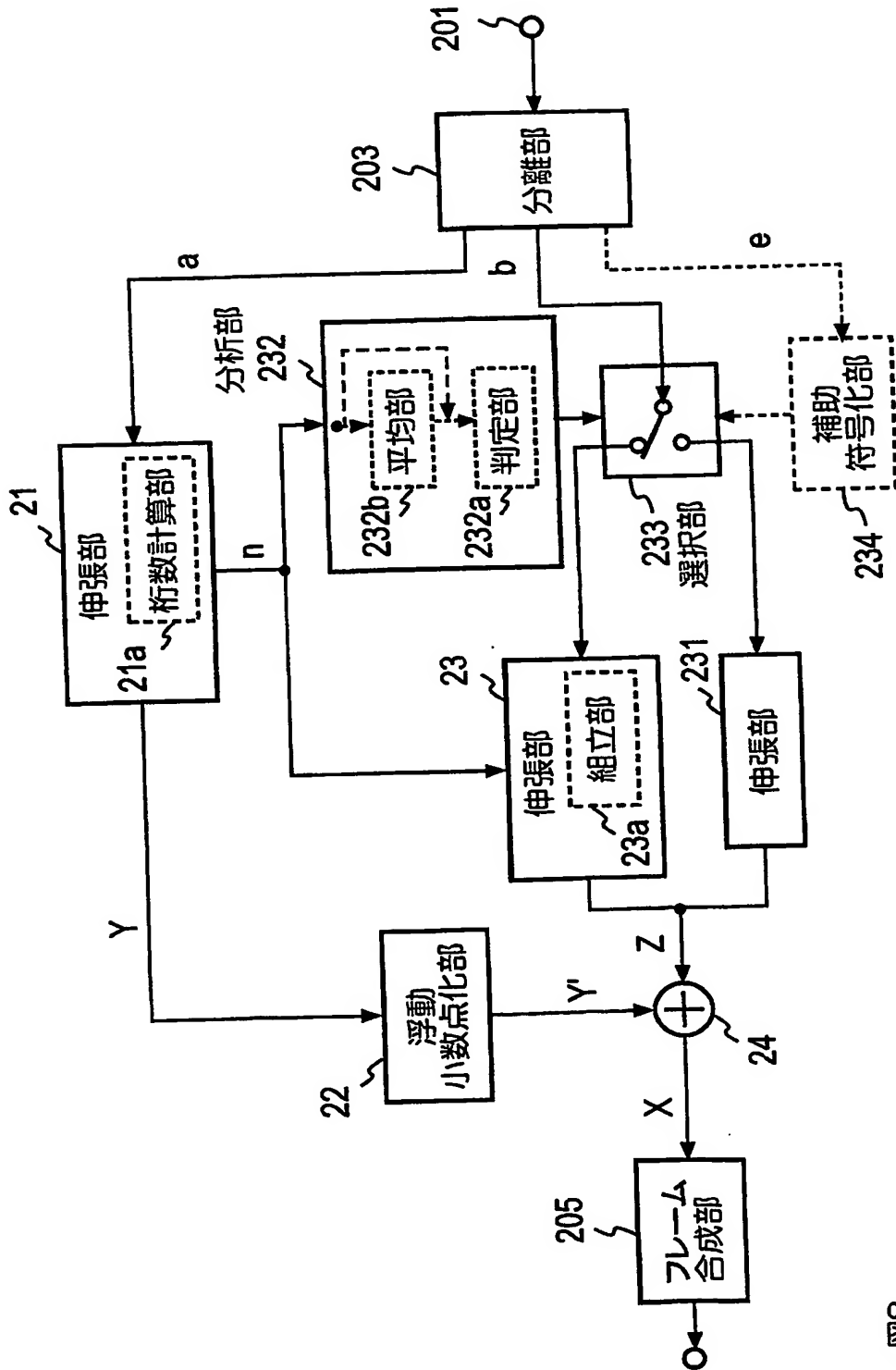


図8

【図10】

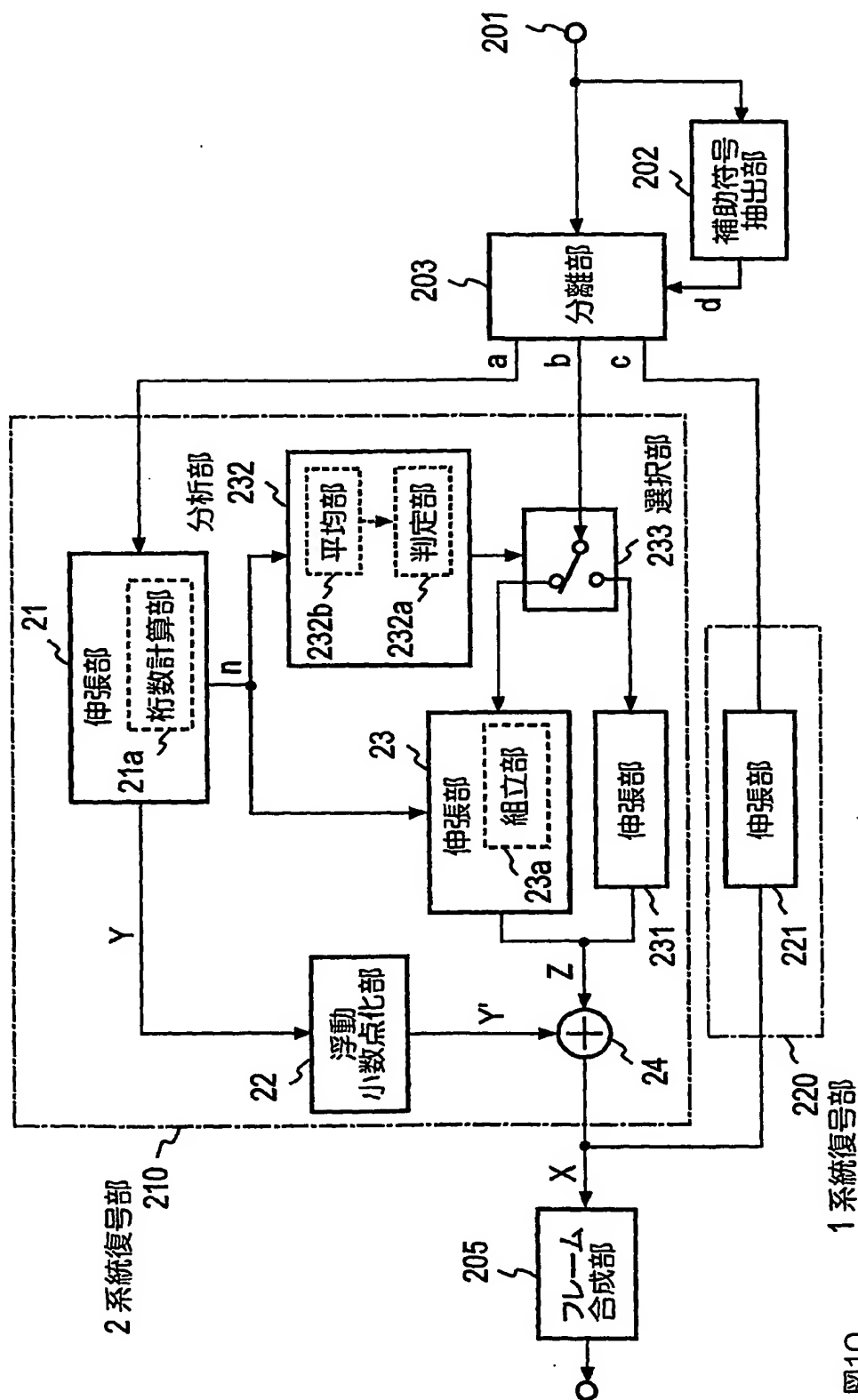


図10

【図 11】

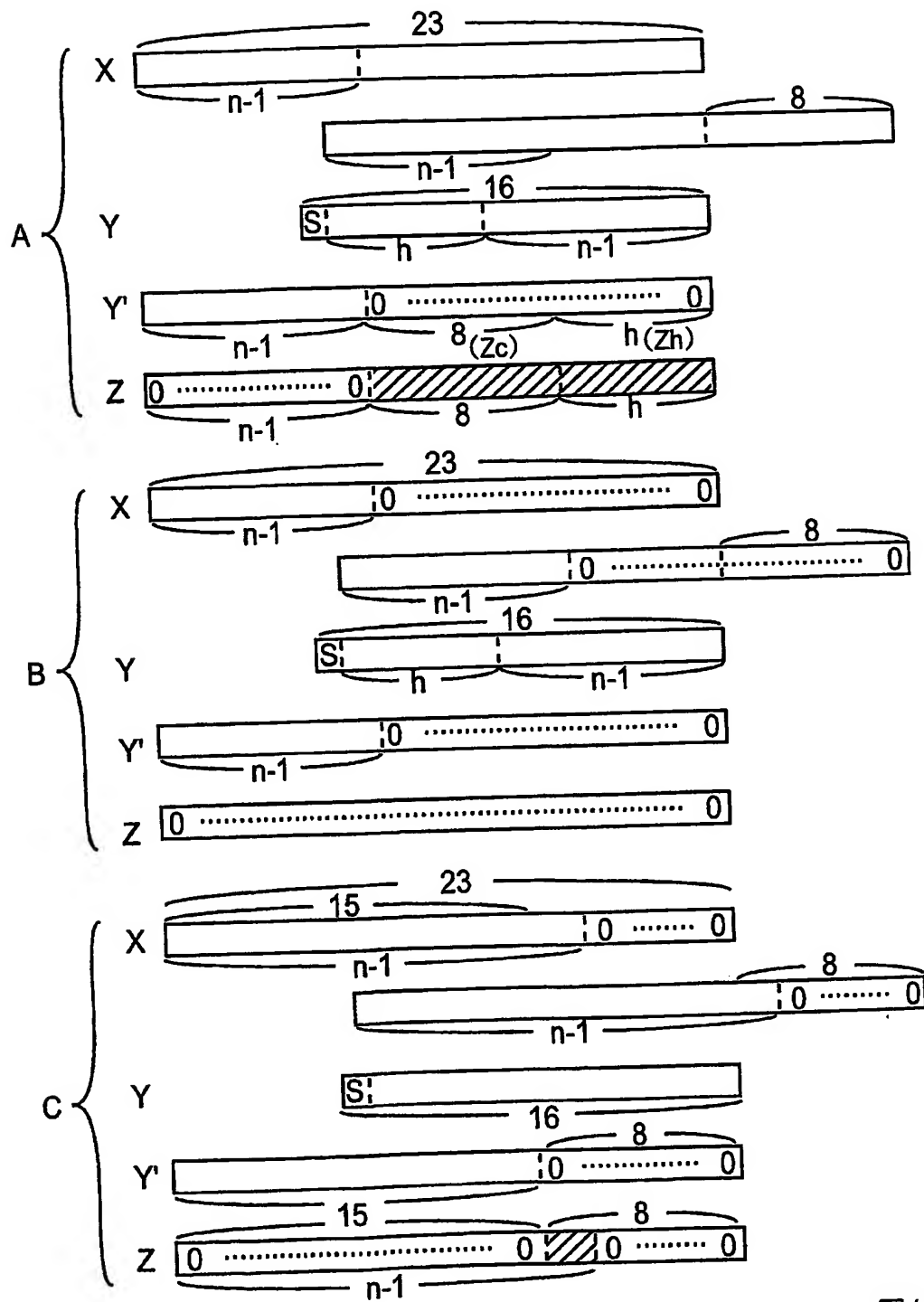


図11

【図12】

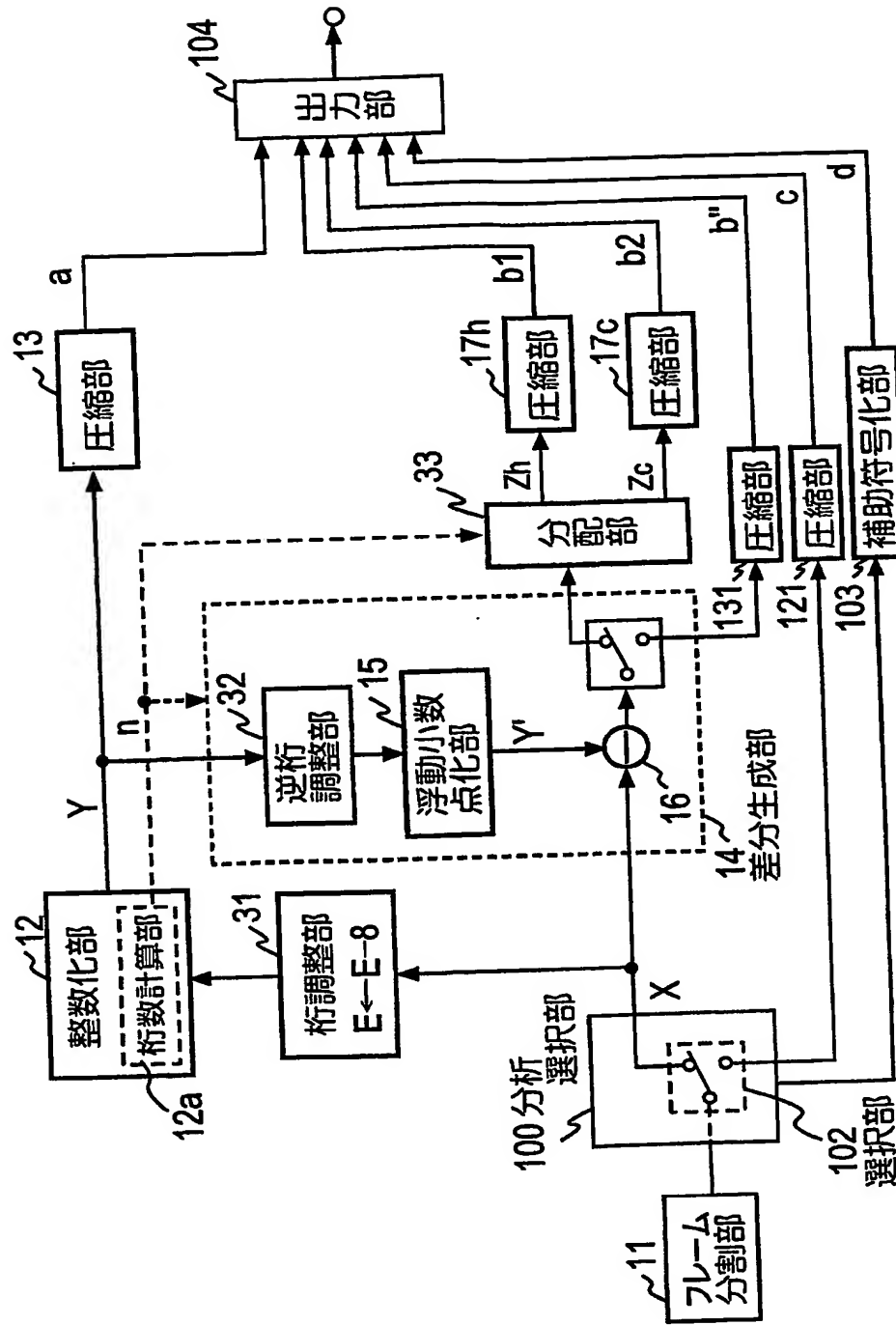


図12

【図13】

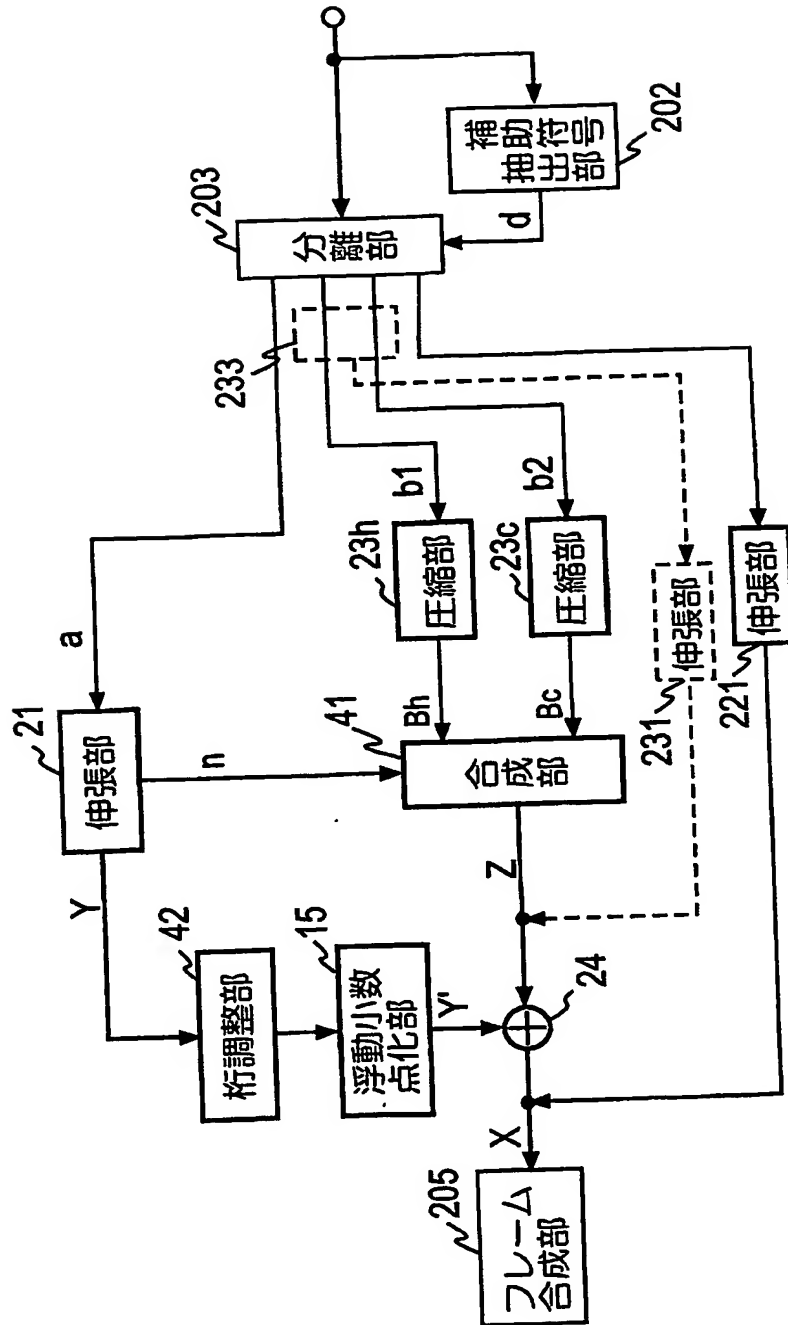


図13

【図 14】

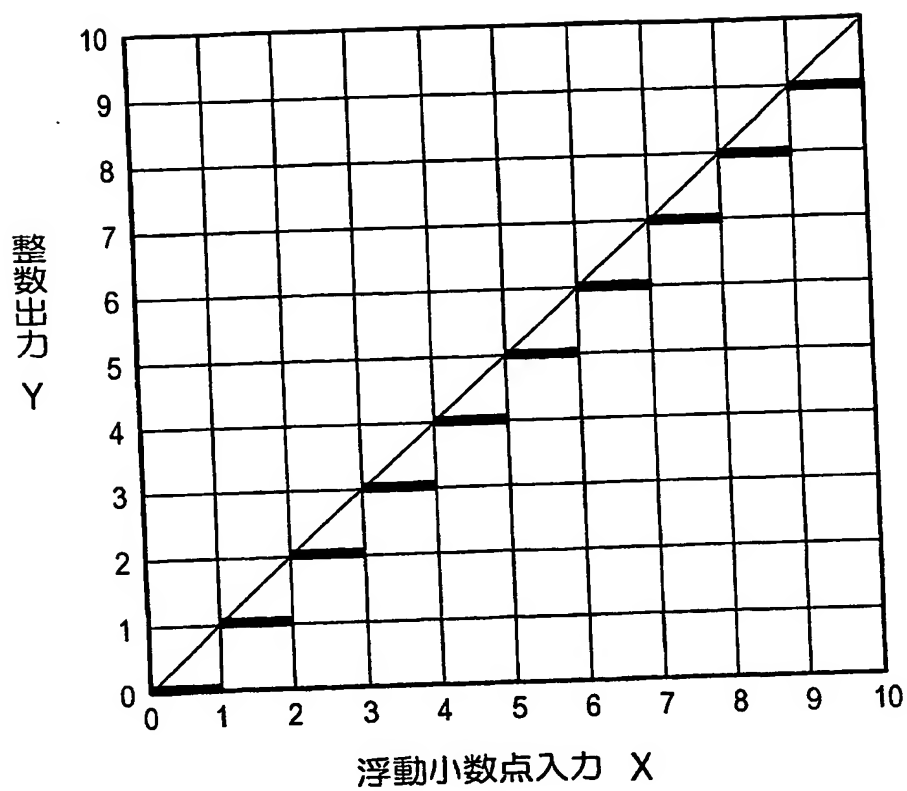


図14

【図 15】

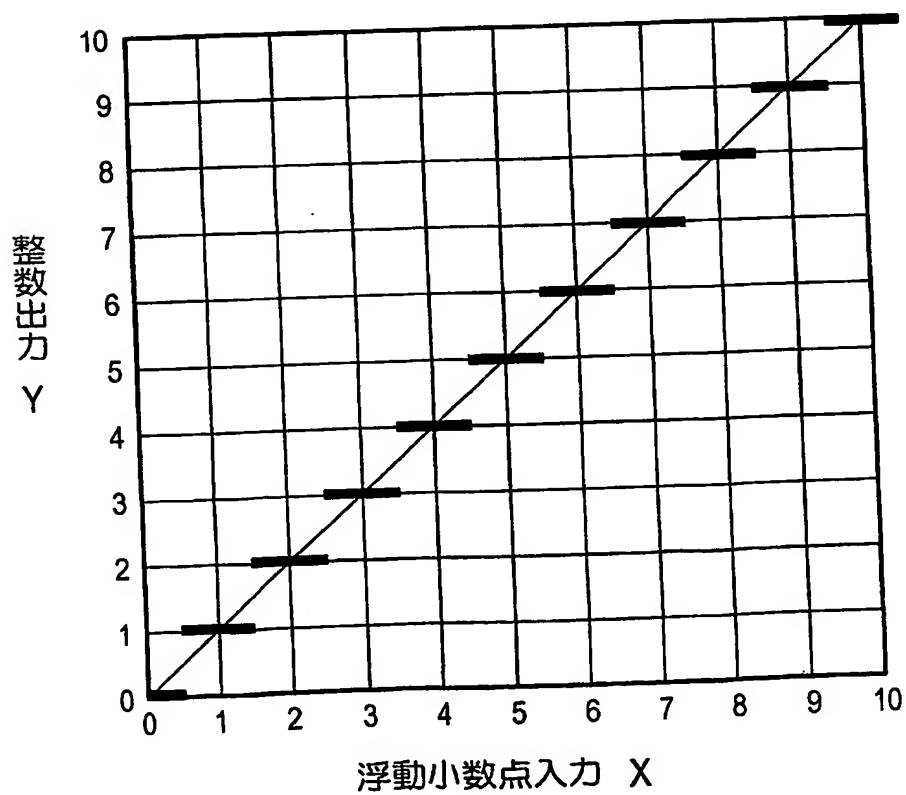


図15

【図 16】

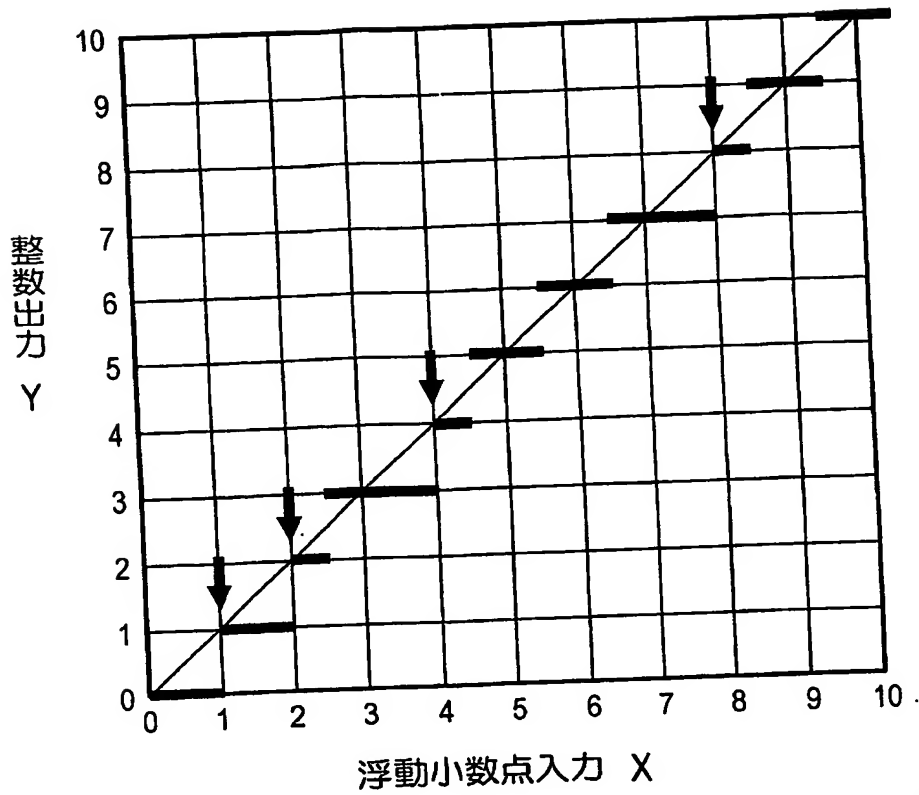


図16

【図 17】

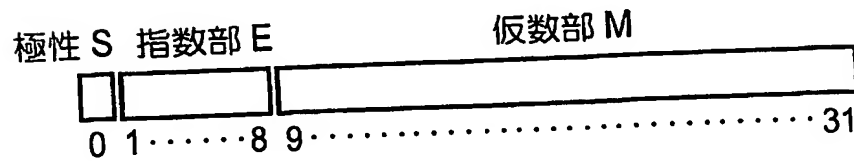


図17

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 浮動小数点形式のデジタル信号系列を効率よく可逆圧縮する。

【解決手段】 各サンプルが極性S、8ビットの指数部E、23ビットの仮数部Mよりなる浮動小数点形式デジタル信号系列Xの、フレーム毎の平均振幅を調べ、これが所定値より大きい場合は、系列Xを整数化部12で切り捨てにより24ビット整数形式デジタル信号系列Yに変換し、系列Yを圧縮部13で各サンプルの整数値予測誤差を求め、その誤差をエントロピイ符号化して符号列aを出力し、差分生成部14で系列Yの各サンプルの整数値の桁数nに対し、系列Xの対応サンプルの仮数部Mの下位 $(23 - (n - 1))$ ビットを取出し差分信号系列Zを生成し、系列Zを圧縮部17でエントロピイ符号化して符号列bを出力する。平均振幅が所定値より小さければ、系列Xを圧縮部103で直接、ユニバーサル符号化する。いずれの符号化を選択したかを表わす符号dを出力する。

【選択図】 図1

特願 2003-310106

出願人履歴情報

識別番号

[000004226]

1. 変更年月日

[変更理由]

住所
氏名

1999年 7月15日

住所変更

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

日本電信電話株式会社

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**